

HELSINGIN KAUPPAKORKEAKOULU

Talousmaantiede



ENERGIATEKNOLOGINEN MUUTOS SUOMESSA

HELSINGIN
KAUPPAKORKEAKOULU
KIRJASTO

6201

Talousmaantieteen
pro gradu -tutkielma
Paula Hieta
Kevätlukukausi 1995

Markkinoinnin

laitoksen

laitosneuvoston kokouksessa 17/5 1995 hyväksytty

arvosanalla cum laude approbatur

ENERGIATEKNOLOGINEN MUUTOS SUOMESSA

Tutkimuksen tavoitteet

Tutkielmassa tarkastellaan Suomen energiateknologista muutosta kansainvälisen teknologian siirron näkökulmasta. Teoriaosa on koottu kansainvälisen teknologian siirron teoriaa käsittelevästä kirjallisuudesta. Empiirisessä osassa kartoitetaan tärkeimpiä tekijöitä, joiden seurauksena Suomen asema on teknologian siirtoprosessissa viimeisen sadan vuoden aikana muuttunut teknologian vastaanottajasta sen luovuttajaksi. Omana kokonaisuutenaan tarkastellaan valtion roolia energiateknologian siirrossa. Lopuksi hahmotetaan maailman energiatulevaisuutta ja Suomen asemaa tulevaisuuden kehityskulussa.

Lähdeaineisto

Tutkielma on kirjallisuustutkimus, jonka teoriaosan keskeisimmät lähteet ovat Saralehto (1986) ja Myllyntaus (1991, 1992) sekä teknologiapolitiikan osalta Lemola&Lovio (1984:2). Empiiriosassa tutkittava materiaali on monipuolista energia-alan kirjallisuutta. Päälähteet ovat Karjalainen (1989), Keskinen (1993) ja Rouvinen (1994) sekä ajankohtaiset lehtiartikkelit.

Tulokset

Tutkielmassa ilmeni, että energiateknologian siirron malli on ollut Suomessa alun alkaen aktiivisen vastaanottajan malli, jonka avulla ulkomainen teknologiaosaaminen on saatu juurtumaan suomalaiseen "maaperään". Tältä pohjalta on voitu kehittää kotimaisiin olosuhteisiin paremmin soveltuvaa teknologiaa. Vaikka maamme energiateknologinen kehitys on pitkälti seurannut Keski-Euroopassa ja sittemmin Yhdysvalloissa tapahtunutta kehitystä on teknologian edelleenkehitystyö osoittautunut maassamme merkittäväksi ja johtanut kapeilla erikoisosaamisen alueilla maailman huipulle. Valtio on energiateknologian siirron ja kehittämisen saralla toiminut lähinnä taustavaikuttajana ja suotuisten olosuhteiden luojana, joskin energiahuollon rakentamisessa sillä on ollut ratkaiseva rooli alaan liittyvien suurten investointipanosten vuoksi. Tällä hetkellä Suomi kuuluu keskitason T&K -panostajiin OECD-maiden joukossa. Maailman energiatulevaisuus näyttää väistämättä pohjautuvan uudelle, luontoa säästävälle teknologialle, jonka tehokas siirto on mahdollistettava ympäristökysymysten vuoksi myös nopean talouskasvun kehitysmäihin. Suomen rooli tässä tulevaisuuden visiossa on keskittyä kapeisiin ympäristöä säästäviin energiateknologian osaamisalueisiin.

Avainsanat

Energia, teknologia, kansainvälinen teknologian siirto.

SISÄLLYSLUETTELO

1 JOHDANTO	1
1.1 Tausta	1
1.2 Tutkielman tavoite	2
1.3 Tutkielman rakenne	3
2 KANSAINVÄLINEN TEKNOLOGIAN SIIRTO	4
2.1 Käsitteiden määrittely	4
2.2 Teknologian siirtoprosessi	7
2.2.1 Teknologian siirron väylät	7
2.2.2 Teknologian siirron tasot	12
2.2.3 Teknologian elinkaari	13
2.3 "Contextual filter" eli vastaanottajamaan olosuhteiden vaikutus teknologian siirron muotoihin	15
2.3.1 Kansallinen innovaatiojärjestelmä	15
2.3.2 Teknologiapolitiikka	17
2.4 Vastaanottajamaan teknologinen muutosprosessi	23
2.4.1 Teknologian siirron yleismalli - Makrotason näkökulma kansainväliseen teknologiansiirtoon	24
2.4.2 Teknologian siirron mekanismi	26
3 ENERGIATALOUDEN KEHITYS JA ENERGIA TEKNOLOGIAN SIIRTO SUOMEEN	27
3.1 Tausta	27
3.2 Sähkön aikakausi alkaa	28
3.2.1 Sähkön jakelu ja siirto	29
3.2.2 Sähkön jakelun ja siirron teknologia	30
3.3 Vesivoiman valtakausi	32
3.3.1 Vesivoiman rakentaminen ja suurvoimansiirron kehitys	33
3.3.2 Vesivoimateknologia	36
3.3.3 Suurvoiman siirron teknologia	40
3.4 Öljyn läpimurto ja lämpövoiman kehitys	43
3.4.1 Öljykriisin vaikutus energiatalouteen	47
3.4.2 Tavanomaisen lämpövoiman teknologia	49
3.5 Ydinvoima	54
3.5.1 Ydinvoimateknologia	56

3.6 Energiatalouden nykytila ja sen teknologinen perusta	59
3.6.1 Energian tuotantosektori	59
3.6.2 Sähkön siirto ja -jakelusektori	62
3.6.3 Energiateknologian kehittäjät	63
3.6.4 Suomi energiateknologian luovuttajana	66
4 VALTION ROOLI SUOMEN ENERGIA TEKNOLOGISESSA MUUTOKSESSA	69
4.1 Energiapolitiikka	69
4.1.1 Energiapolitiikan linjat ennen energiakriisiä	70
4.1.2 Energiapolitiikka energiakriisin jälkeen	72
4.1.3 Energiapolitiikan linjat 1990-luvulla	74
4.2 Valtion energiayhtiöt ja niiden osuus energiateknologian siirrossa Suomeen	75
4.2.1 Imatran Voima Oy	77
4.2.2 Neste Oy	81
4.2.3 Vapo Oy	82
4.3 Teknologia politiikka	84
4.3.1 Historia	84
4.3.2 Teknologia politiikka 1990-luvun Suomessa	88
4.4 Valtion rahoittama energiatutkimustoiminta	90
5 ENERGIA TEKNOLOGIAN SIIRRON MEKANISMI SUOMESSA - TEORIAN JA EMPIRIAN VERTAILUA	96
5.1 Energiateknologian siirtoprosessi Suomessa	96
5.2 Suomen olosuhteiden vaikutus teknologian siirtoon	97
5.3 Suomen energiateknologinen muutos	98
6 TULEVAISUUDEN NÄKYMÄT	100
6.1 Globaaliset kehitysnäkymät ja niiden vaikutus energiateknologiaan	100
6.2 Euroopan energiatalous	105
6.3 Suomen energia-alan tulevaisuus	106
7 YHTEENVETO	110
LÄHDELUETTELO	

TUTKIELMAN KUVAT

Kuva 1.1	Suomen energiateknologian viennin ja primäärienergian tuonnin kehitys 1980-1993 (mrd.mk)
Kuva 2.1	Teknologian siirron tasot
Kuva 2.2	Kansallisen innovaatiojärjestelmän keskeiset osat
Kuva 2.3	Teknologiansiirron yleismalli
Kuva 2.4	Teknologian siirron mekanismi
Kuva 3.1	Sähköistettyjen asuntojen osuus maaseudun rakennuskannasta 1940-1980
Kuva 3.2	Aktiebolaget Gottfr. Strömberg Osakeyhtiön valmistamien sähkökoneiden lukumäärä ja yhteenlaskettu teho 1889-1918
Kuva 3.3	Suomen kantaverkon laajuus 1940, 1960 ja 1990
Kuva 3.4	Suomessa käytettyjen vesiturbiinien yhteenlaskettu teho teknologian siirron eri vaiheissa ja hallitsevat vesiturbiinityypit
Kuva 3.5	Sähkölaitteiden tarjonta Suomessa 1920-1977 (vuoden 1913 hinnoin)
Kuva 3.6	Eräiden sähkön siirron ja jakelun laitteiden viennin arvo (mmk)
Kuva 3.7	Kaukolämmön tuotanto ja vastapainetuotannon osuus 1981-1991
Kuva 3.8	Voimansiirtoetäisyyden kehitys Suomessa 1800-2000
Kuva 3.9	Suomen maakaasuverkko
Kuva 3.10	Energian kulutus energialähteittäin Suomessa 1960-1987
Kuva 3.11	Suomessa käytetyt höyryturbiinit ja niiden tehojen kehitys
Kuva 3.12	Ydinvoimalaitosten keskimääräisiä käytettävyyssasteita eräissä maissa
Kuva 3.13	Loviisan voimalaitoshankkeen osallistujat ja tehtäväjako
Kuva 3.14	Sähkön hankintatavat 1991
Kuva 3.15	Sähkön hinnat eräissä maissa 1.1.1992
Kuva 3.16	Suomen energiajärjestelmä
Kuva 3.17	Suomen teknologisten vahvuusalueiden riippuvuus toisistaan
Kuva 3.18	Suomen energiateknologian viennin arvo (mrd. mk) ja osuus kokonaisviennistä (%)
Kuva 4.1	Suomen tutkimus- ja kehitystoiminnan osuus bruttokansantuotteesta
Kuva 4.2	Energiatutkimus osana energiapolitiikkaa
Kuva 4.3	Kauppa- ja teollisuusministeriön energiatutkimusmäärärahojen kehitys ja osuus hallinnonalan T&K -menoista 1976-1991
Kuva 4.4	Energiatutkimuksen ja koetoiminnan rahoittajat 1990
Kuva 4.5	Energiatutkimusohjelmien rahoitus 1988-1992
Kuva 4.6	Energiateknologian tutkimusohjelmat ja tutkimusrahoitus tutkimusalueittain 1993-1998
Kuva 5.1	Suomalaisen eri aikakausina käyttämät teknologian siirron väylät tärkeysjärjestyksessä
Kuva 6.1	Maailman primäärienergian kysyntä (1000 Mtoe)
Kuva 6.2	Euroopan energia-alan tulevaisuus
Kuva 6.3	Uuden energiateknologian potentiaali Suomessa (Mtoe/a)

TUTKIELMAN TAULUKOT

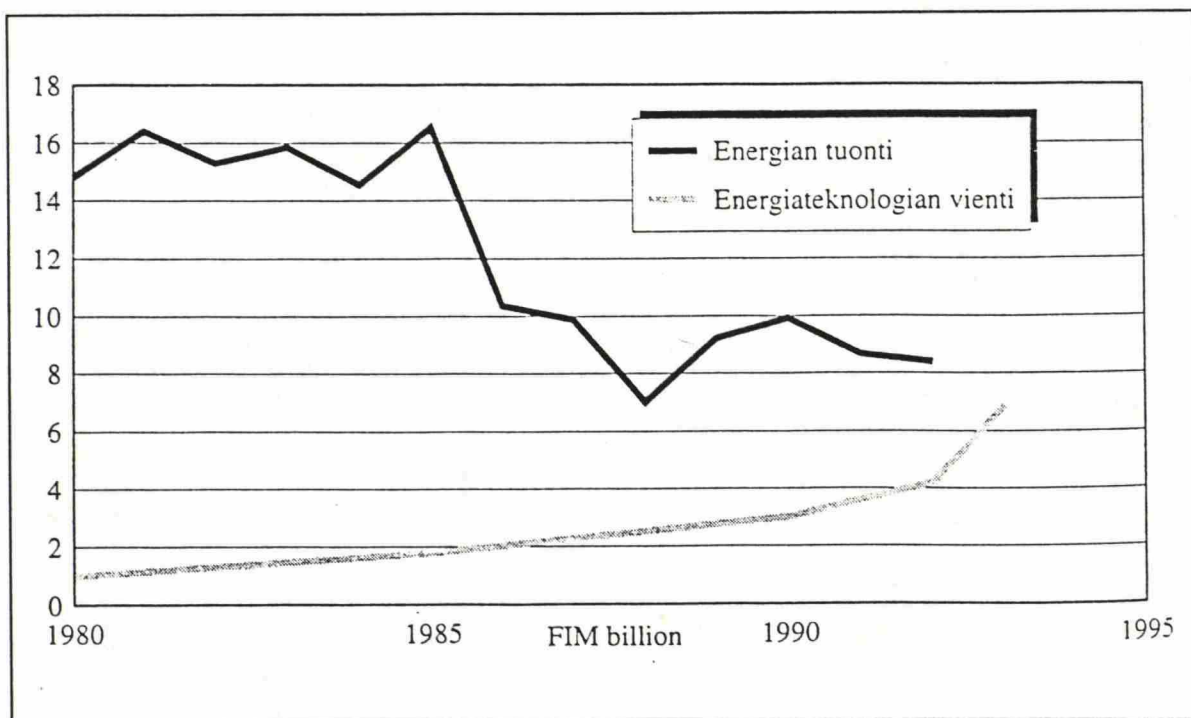
Taulukko 2.1	Valtioiden välisen teknologian siirron väylät
Taulukko 2.2	Teknologian elinkaaren vaiheet
Taulukko 2.3	Teknologiapolitiikan keinot
Taulukko 2.4	Teknologisen osaamisen kehitysvaiheet
Taulukko 3.1	Ensimmäisten suomalaisten sähköalan insinöörien ulkomaiset opinnot
Taulukko 3.2	Vesiturbiinien nettotarjonta Suomessa 1847-1975
Taulukko 3.3	Suomalaisia energiateknologiayrityksiä ja niiden liikevaihdot 1992
Taulukko 6.1	Arvio uusien energiateknologioiden kehityksestä
Taulukko 6.2	Suomen vahvuudet, mahdollisuudet, heikkoudet ja uhat ympäristömyönteisen energiateknologian viennissä

1 JOHDANTO

1.1 Tausta

Suomen energian kulutus asukasta kohden laskettuna vastaa tällä hetkellä eurooppalaista keskitasoa. Sijoittuminen kyseisessä vertailussa osoittaa energiahuoltomme olevan erittäin tehokas, ovathan maamme olosuhteet eurooppalaisen mittapuun mukaan poikkeuksellisen haastavat. Hankalat ilmasto-olosuhteet, pitkät etäisyydet ja energiantensiivinen teollisuus ovat yleisesti käytettyjä määritelmiä puhuttaessa Suomen ominaispiirteistä. Näyttää siltä, että ulkoisille haittatekijöille on Suomessa pystytty kehittämään vastavoima energiaa säästävästä huipputeknologiasta. Energiateknologian kehitys ei ole ollut Suomessa itses-
täänselvyys, vaan kovien ponnistelujen tulos. Alunperin maamme energiateknologinen perusta oli lähes kokonaan ulkomailta tuodun teknologian, eli kansainvälisen teknologian siirron varassa. Vuosikymmenien aikana tapahtunut kehitys on kuitenkin johtanut hyviin tuloksiin ja nykyisin pidetään realistisena tavoitteena energiateknologian viennin kasvattamista yli primäärienergian tuonnin vuoteen 2000 mennessä.¹

Kuva 1.1: Suomen energiateknologian viennin ja primäärienergian tuonnin kehitys 1980-1993 (mrd.mk)



Lähde: *Energiateollisuus ja ekovienti 1995*, 56

¹ *Energiateollisuus ja ekovienti 1995*, 30

1.2 Tutkielman tavoite

Tutkielman aihealueena on kansainvälinen teknologian siirto, jonka merkitys maailmassa on jatkuvasti kasvanut. Kansainvälisen teknologian siirron avulla yksittäiset yritykset ja valtiot pysyttelevät mukana kansainvälisessä teknologiakehityksessä. Erityisen tärkeää se on kansantalouksiltaan pienille valtioille, joiden resurssit itsenäiseen ja tuottavaan tutkimus- ja kehitystyöhön ovat heikot. Toisaalta teknologian siirto on viime vuosina lisääntynyt erityisesti teollisuusmaiden välillä. Lähes poikkeuksetta teknologian siirtoa käsitellään teknologian luovuttajan näkökulmasta. Tämän tutkielman tarkoituksena on kuitenkin paneutua kansainväliseen teknologian siirtoon ensisijaisesti vastaanottajamaan näkökulmasta. Tarkasteltava ilmiö on vastaanottajamaassa pitkällä aikavälillä tapahtuva teknologinen muutos.

Tutkielman kohdeilmiöksi on valittu energiateknologinen muutos Suomessa. Yhteiskuntamme on erittäin riippuvainen toimivasta energiahuollosta, jossa kotimaisella teknologiaosaamisella on tärkeä rooli. Näin ollen on tärkeää tietää millä pohjalla nykyinen teknologiaosaaminen lepää ja mitkä ovat sen edellytykset tulevaisuudessa. Kohdeilmiötä tutkimalla pyritään selvittämään se kansainvälisen teknologian siirron malli, jonka avulla Suomi on tutkittavan ajanjakson aikana kehittynyt energiateknologian vastaanottajasta sen viejäksi. Tavoitteena ei ole keskittyä energiateknologian siirron tutkimisessa yksittäisten konepajojen rooliin teknologian siirtäjänä eikä paneutua siirrettävän teknologian tekniisiin yksityiskohtiin, vaan pyrkiä hahmottamaan kokonaiskuva teknologisesta muutoksesta maamme energiatoimialalla ja keskittyä siten lähinnä teknologian siirron myötä tapahtuneeseen energia-alan kehitykseen. Energiateknologiaksi käsitetään tässä yhteydessä suuren energian tuotantoon, siirtoon ja jakeluun liittyvät koneet ja laitteet sekä niiden käyttöön liittyvä taitotieto.

Tutkielman tavoitteena on tarkastella myös valtiovallan roolia ja sen muutoksia energiateknologian siirtoprosessin eri vaiheissa Suomessa. Valtion osallistuminen energia-alan kehittämiseen on tähän saakka ollut välttämätöntä niin Suomessa kuin muuallakin maailmassa. Alan tutkimus- ja kehitystyöhön tarvitaan suuria investointeja, jotka erityisesti pienissä kansantalouksissa ovat suuressa määrin riippuvaisia valtion taholta tulevasta tuesta. Nykyisin kuitenkin myös energia-alalla on tapahtumassa yksityistämistä. Tutkielman kattama ajanjakso alkaa 1800-luvun lopulta, jolloin sähkövoima otettiin käyttöön Suomessa ja päättyy katsaukseen energia-alan tulevaisuudesta.

1.3 Tutkielman rakenne

Johdantoluvussa 1 esitellään tutkielman aihealue, tarkasteltava ilmiö, kohdeilmiö sekä tavoitteet. Luku 2 on tutkielman teoriaosa, jossa käsitellään kansainvälisen teknologian siirron (KTS) teoriaa. Keskeisiä aiheita ovat teknologian siirron osapuolien roolit, teknologian siirron väylät ja vastaanottajamaan olosuhteiden vaikutus teknologian siirron muotoihin. Lopuksi tarkastellaan teoreettisesta näkökulmasta teknologian vastaanottajamaassa tapahtuvaa teknologista muutosprosessia.

Empiriaosa koostuu neljästä kokonaisuudesta. Luvussa 3 selvitetään energiateknologisen muutoksen ja energiateknologian siirron peruspiirteet Suomessa. Luvussa 4 käsitellään valtion roolin muuttumista energiateknologian siirtoprosessin eri vaiheissa. Tarkastelun kohteena ovat valtion harjoittama energia- ja teknologiapolitiikka, valtionyritysten osuus energiateknologian siirrossa Suomeen sekä valtion tukema energiatutkimus. Luvussa 5 analysoidaan kahden edellisen luvun sisältöä kansainvälisen teknologian siirron näkökulmasta. Päähuomio kiinnitetään energiateknologisen muutoksen kehitysvaiheisiin sekä suomalaisten tekemiin teknologian siirron väylävalintoihin ja niihin vaikuttaneisiin tekijöihin. Luvussa 6 suunnataan katse energian käytön tulevaisuuteen. Luku on jaettu kolmeen osaan, joista ensimmäisessä näkökulma on globaali, toisessa Eurooppa-keskeinen ja kolmannessa käsitellään Suomen energia-alan ja -teknologian uhkia ja mahdollisuuksia tulevaisuudessa. Ympäristökysymysten kautta energiaratkaisut koskettavat alueellisinakin päätöksinä koko maailmaa. Lopuksi yhteenveto esitetään luvussa 7.

2 KANSAINVÄLINEN TEKNOLOGIAN SIIRTO

Uudet teknologiat syntyvät innovaatioiden ja tutkimustoiminnan tuloksina.² Teknologisen kehityksen etenemisessä innovaatioiden syntyminen on kuitenkin vain osa suurempaa kokonaisuutta. Usein teknologiseen kehitykseen pyritään nopealla uusien innovaatioiden käyttöönotolla eikä välttämättä innovaatioita luomalla. Erityisesti pienissä maissa valtaosa teknisestä kehityksestä on seurausta nimenomaan kansainvälisestä teknologian siirrosta (KTS) eli ulkomaisten innovaatioiden hyödyntämisestä ja soveltamisesta kotimaisiin olosuhteisiin.³

KTS:a on tapahtunut pitkään, sillä erilaisia kulttuureja edustavat ihmiset ovat jo tuhansia vuosia välittäneet toisilleen saavutuksiaan ja kokemuksiaan. Nykyisessä merkityksessään KTS alkoi kuitenkin kasvaa nopeaan tahtiin vasta toisen maailman sodan jälkeen kansainvälisen kaupan vapautuessa. Taloustieteilijöiden tutkimuksen kohteena KTS on ollut jo useita vuosia ja tietoisuus teknologian siirron innovaatioitakin tärkeämmästä asemasta teknologisen kehityksen edistäjänä tiedostetaan yhä selvemmin. Yksittäisten talousyksiköiden kuten yritysten ja yksilöiden ohella myös valtio on kiinnostunut aihealueesta ja nykyisin KTS:oon kiinnitetään paljon huomiota poliittisessa päätöksenteossa. Kansallisten hallitusten lisäksi lukuisat kansainväliset järjestöt seuraavat ja tutkivat KTS:oon liittyviä näkökohtia.⁴

2.1 Käsitteiden määrittely

KTS:n määrittelyssä on yhä monia vaikeuksia, jotka hankaloittavat empiiristä tutkimusta. Seuraavassa keskeisten termien määrittelyä.

Kansainvälinen

Kolmesta termistä "kansainvälinen" on helpointa määritellä yhdistämällä se kansalliset rajat ylittävään teknologian siirtoon. Määritelmän perusta on kansallisvaltion merkityksessä. Niin kauan kuin kansallisvaltiot ovat tarkkaan määriteltäviä, ei teknologian siirron kansallisen ja kansainvälisen ulottuvuuden erottaminen ole ongelma.⁵

² Teknologiakomitean... 1981, 15

³ Lemola & Lovio 1984, 32

⁴ Nironen 1992, 1-3; Lindqvist 1991, 15-16

⁵ Nironen 1992, 3

Teknologia

Suomenkielen perussanakirjassa määritellään teknologia kahdella toisistaan poikkeavalla tavalla: toisaalta opiksi raaka-aineiden jalostuksesta ja toisaalta tekniikan teoreettiseksi puoleksi, teknisiksi tieteiksi.⁶ Alan koti- ja ulkomaisessa kirjallisuudessa teknologian siirron käsite ei myöskään ole täysin vakiintunut ja sen määritelmiä on lukuisia määrittelijästä ja käyttötarkoituksesta riippuen. Seuraavassa joitakin esimerkkejä:

Teknologia on tieteellisen tai muun järjestelmällisen tiedon systemaattista soveltamista käytännön tehtäviin.⁷

Teknologia on kyky innovoida, suunnitella, tuottaa ja käyttää työkaluja, koneita ja muita hyödykkeitä sekä asiantuntemus tuotannon ja markkinoinnin organisoinnissa ja johtamisessa.⁸

Teknologia on ihmisen menettelytapa fyysisin keinoin saavuttaa tarpeensa ja päästä haluamaansa päämäärään.⁹

Teknologia on jaettavissa kahteen päälohkoon: yleiseen ja kontrolloituun. Teknologia on yleistä, jos se on suurelta osin vapaasti saatavissa ilman, että siitä joudutaan maksamaan huomattavia korvauksia sen luovuttajalle. Yleistä teknologiaa ovat esim. koulutus tai tieteellinen materiaali. Kontrolloidun teknologian muoto on tiukasti määrätty ja rajattu; sillä on omistaja ja siitä on siirrettäessä maksettava korvausta sen omistajalle. Kontrolloitu teknologia voi olla koneita ja laitteita tai informaatiota ja sillä on kauppatavaran luonne.¹⁰ Teknologia voi olla joko välineetöntä (disembodied) tai välineellistä (embodied). Välineetön teknologia on osaamista irrallaan toimintaympäristöstään ja se on jollakin yleisellä tiedonsäilyttämistä välineellä varastoitua teknologiaa, kuten esimerkiksi patentit, lisenssit ja erilaiset dokumentit. Välineellinen teknologia on sitoutunut ihmisiin tai koneisiin ja laitteisiin. Tällaisia ovat mm. työvoima ja tekninen teknologia.¹¹

⁶ Suomenkielen perussanakirja, 1994

⁷ Hyvärinen 1988, 1 (Galbraith)

⁸ Myllyntaus 1992, 196 (Lindqvist)

⁹ Myllyntaus 1992, 196

¹⁰ Saralehto 1986, 5-6

¹¹ Hyvärinen 1988, 1

Teknologian siirto

Teknologian siirron käsite on laaja ja myös sen määritelmät vaihtelevat käyttötarkoituksen mukaan. Teknologian siirtoa on määritelty mm. seuraavasti:

Teknologian siirto on sellaisten keinojen saattamista maasta, organisaatiosta tai henkilöstä toiseen, joilla lisätään osaamista ja suorituskyykyä.¹²

Teknologian siirto on teknologisen osaamisen ja teknisten koneiden ja laitteiden virtaa maantieteellisestä paikasta toiseen, tarkoituksena aloittaa teknologinen muutosprosessi vastaanottajamaassa.¹³

Teknologian siirto on olemassa olevan tekniikan hyväksikäyttöä paikassa, jossa sitä ei ole aiemmin käytetty.¹⁴

Teknologian siirto on käänteisenä sekä kehitys- että länsimaissa tapahtuvaa koulutetun työvoiman siirtymistä ulkomaille parempien työskentelyolosuhteiden houkuttelemana.¹⁵

Teknologian siirron yleinen määritelmä on teknologian välittäminen luovuttajalta vastaanottajalle. Tämä määritelmä pitää sisällään välittämisen kolme erilaista ilmenemistapaa:

1. Teknologian välittäminen teollisuusmaista vähemmän kehittyneisiin maihin.
2. Teknologian välittäminen teollisuusmaasta toiseen.
3. Teknologian välittäminen valtion sisällä teollisuuden alalta tai käyttötarkoituksesta toiseen.

Viimeisin näistä kolmesta luokitellaan useimmiten innovaation diffuusioksi, joka tulee käsitteenä erottaa teknologian siirrosta.¹⁶ Teknologian siirtoa voidaan pitää osin analogi-

¹² Hyvärinen 1988, 4 (Mannerkoski)

¹³ Myllyntaus 1992, 196

¹⁴ Stewart & Nihei 1987, 2 (Gruber & Marquis)

¹⁵ Hyvärinen 1988, 4-5 (Holstius)

¹⁶ Lindqvist 1991, 15-16

sena tapahtumana innovaation diffuusioprosessille,¹⁷ mutta näiden kahden käsitteen välillä on selkeä ero, joka liittyy maantieteellisten tekijöiden lisäksi ilmiön luonteeseen. Teknologian siirrolla tarkoitetaan teknologian välittämistä kulttuurista, maasta tai talousalueelta toiselle. Siirtoprosessissa vastaanottajan rooli on lisäksi yleensä aktiivisempi ja päämäärähakuisempi kuin diffuusioprosessissa. Diffuusioprosessin lähtiessä käyntiin kyseessä oleva teknologia on yleensä jo yhteiskunnan käytössä, kun taas siirtoprosessissa yhteiskunnan täytyy usein ensin päättää hyväksyykö vai hylkääkö se mahdollisen uuden teknologian.¹⁸ Lyhyesti voidaan sanoa, että teknologian siirto on aktiivista, harkittua ja tehokasta teknologian diffusioitumista siirtäjän tai vastaanottajan johdolla.¹⁹

Teknologian osto ja myynti ei vielä välttämättä merkitse teknologian siirron toteutumista. Teknologian siirto on tapahtunut vasta, kun uuden teknologian istuttaminen uuteen ympäristöön on onnistunut ja uusi teknologinen kokonaisuus toimii suunnitelmien mukaisesti. Teknologian siirto on siten nähtävä hallittuna ja suunnitelmallisena teknologian välittämiproseessina.²⁰

2.2 Teknologian siirtoprosessi

2.2.1 Teknologian siirron väylät

Teknologian siirrossa on aina mukana teknologian luovuttaja, joka tuottaa teknisen asiantuntemuksen ja teknologian vastaanottaja, joka haluaa jakaa kyseisen asiantuntemuksen. Nämä kaksi ovat siirtoprosessin päätoimijat. Teknologia siirtyy tai siirretään luovuttajalta vastaanottajalle jonkin väylän kautta. Teknologian siirron väylät ovat ne muodot ja mekanismit, joissa teknologia liikkuu paikasta toiseen.²¹ Teknologia on monitahoinen ilmiö ja sitä voidaan siirtää maasta toiseen monissa eri muodoissa ja lukuisien eri väylien kautta. Teknologian siirron väyliä voi lisäksi yhdistää keskenään.²²

¹⁷ Lemola & Lovio 1984, 37

¹⁸ Myllyntaus 1992, 197

¹⁹ Nironen 1992, 6

²⁰ Teknologiaakomitean... 1981, 15

²¹ Saralehto 1986, 88

²² Myllyntaus 1992, 197-198

Väylien valinta on keskeinen osa siirtoprosessia ja se vaikuttaa siirron tehokkuuteen, kustannuksiin ja yleensäkin koko siirron onnistumiseen. Yleispätevää siirtomuotoa, joka olisi aina tehokkain ja paras, ei ole olemassa, vaan siirtomuodon valinta on ainutkertainen tehtävä, vaikka siinä onkin säännönmukaisuutta ja toistoa. Koska teknologian siirtoon tulee jatkuvasti uusia muotoja ja väyliä, vaativat oikean yhdistelmän löytäminen sekä suhteiden järjestäminen aikaa ja tietoa, jonka saavuttaminen on kallista ja oppimisprosessi hidas.²³ Taulukossa 2.1 on esitetty historiallisesti merkittävät teknologian siirron väylät.

Yleisesti ajatellaan, että taulukossa esitettyjen väylien tehokkuus vähenee ensimmäisestä kahdeksanteen mentäessä. Toisin sanoen ensimmäisten väylien kautta siirretty taitotieto tuo vastaanottajamaan talouteen nopeammin tuloksia kuin loppupään väylien kautta siirrettynä. Vaikka monet asiantuntijat ja vaikutusvaltaiset instituutiot, kuten OECD, kannattavat tätä väittämää sitä vastaan on esitetty myös kritiikkiä. On olemassa esimerkkejä maista, jotka ovat luottaneet teknologian siirrossa muihin väyliin kuin suoriin ulkomaisiin investointeihin ja ovat onnistuneet tehostamaan teollistumiskehitystään. Tämän kaltainen menestys on kuitenkin vastoin yleistä ajattelutapaa monikansallisten yhtiöiden ratkaisevasta roolista kansainvälisessä teknologian siirrossa.²⁴

²³ Saralehto 1986, 14, 91

²⁴ Myllyntaus 1992, 201-202

Taulukko 2.1 Valtioiden välisen teknologian siirron väylät

Vastaanottajan rooli	Siirron väylät	Siirron muodot
P a s s i i v i n e n	1 Suorat ulkomaiset investoinnit	Kontrolloitu
	2 Ulkomaisten koneiden ja laitteiden tuonti	Kontrolloitu
	3 Avaimet-käteen projektit	Kontrolloitu
	4 Ulkomaisten patenttien ja lisenssien hankinta	Kontrolloitu
	5 Yhteistyöyritysten perustaminen ulkomaisten henkilöiden tai yritysten kanssa	Kontrolloitu
	6 Ammattitaitoisen työvoiman, käsityöläisten, insinöörien, opettajien ja konsulttien palkkaaminen ulkomailta tai siirtolaisuuden salliminen.	Yleinen
	7 Kansalaisten ulkomaanvierailujen, ulkomaisten opintojen ja työharjoittelun sekä kansainvälisiin konferensseihin ja messuille osallistumisen jne. kannustaminen ja tukeminen.	Yleinen
A k t i i v i n e n	8 Luonnollisen diffuusion tai helposti saatavilla olevan, alhaiset diffuusiokustannukset omaavan teknologian hyväksikäyttö (tieto-aidon leviäminen kaupallisten ja tieteellisten julkaisujen kautta, ulkomaisten tuotteiden analysointi, jne.).	Yleinen

Lähde: Myllyntaus 1992, 199

Yleiset ja kontrolloidut väylät

Teknologian siirron väylät voivat olla joko yleisiä tai kontrolloituja. Yleisen väylän kautta hankittu teknologia on suhteellisen helposti saatavilla ja lisäksi edullista. Sitä ei tavallisesti osteta suoraan innovaattorilta vaan hankitaan välikäsien kautta tai yleisti saatavilla olevista lähteistä. Tässä tapauksessa vastaanottaja tekee siirtopäätöksen ja päättää siten mitä ostaa ja keneltä. Yleisen siirron ääritapauksessa luovuttaja jää vähitellen tapahtumien

ulkopuolelle, koska ei lopulta tiedä minne oma teknologia leviää.²⁵

Yleisiä teknologian siirtoväyliä ovat:²⁶

- tieteellinen materiaali
- lehdet ja muu julkinen materiaali
- siirtolaisuus
- harjoittelijoiden ja muiden asiantuntijoiden vaihto
- opiskelu ulkomailla
- tieteelliset ja tekniset yhteistyösopimukset yritysten välillä
- messut, kokoukset, seminaarit, symposiumit jne.
- valtioiden väliset tieteelliset, taloudelliset ja tekniset yhteistyösopimukset.

Yleisen teknologian painottaminen merkitsee tieteellisen tiedon ja materiaalin korostamista. Tiede on julkista ja kansainvälistä ja siitä saatava teknologia on useasti halpaa vastaanottajalleen. Ilman vastaanottajatahon omaa panostusta tutkimus- ja kehitystyöhön tieteen hyväksikäyttö on kuitenkin vaikeaa, usein lähes mahdotonta. Mm. yliopistoilla on tämän vuoksi merkittävä rooli teknologian siirron toteutumisessa. Yleisen teknologian siirron etuna on sen halpuus, mutta se ei yksin anna mahdollisuuksia varsinaisen tuotanto-toiminnan aloittamiseksi. Kuitenkin on välttämätöntä kasvattaa yleisen teknologian varantoa, jotta teknologinen kehitys tai teollistuminen ylipäättensä voisi onnistua. Se tarjoaa vastaanottajalle esitietoja olemassa olevasta teknologiasta, ja yleisen teknologian siirto mahdollistaa pitkällä aikavälillä myös kontrolloidun teknologian siirron.²⁷

Kontrolloidun teknologian siirron tapauksessa siirtoprosessissa on aina olemassa teknologian luovuttaja ja sen vastaanottaja, jotka yhdessä päättävät siirrosta. Siirron kohde on selkeästi määritelty ja sen hinta on suhteellisen korkea. Kontrolloitujen väylien kautta siirrettävä teknologian ei yleensä ole ostettavissa vapaasti maailmanmarkkinoilta, koska se sisältää ainakin osaksi salaista tai muuten suojeltua teknologista asiantuntemusta. Teknologian luovuttajalla on tässä tapauksessa ylin päätösvalta milloin ja missä hänen teknologiaansa siirretään.²⁸

²⁵ Myllyntaus 1991, 2

²⁶ Saralehto 1986, 93-94 (Patel)

²⁷ ibid, 94,96

²⁸ Myllyntaus 1991, 3

Kontrolloituja siirtoväyliä ovat:²⁹

- koneiden ja laitteiden kauppa
- patenttien, informaation ja muun aineettoman tiedon ja taidon sekä erilaisten oikeuksien myynti
- toimivien kokonaisuuksien toimittaminen
- suorat investoinnit ja yhteiset yritykset.

Kontrolloituja siirtoväyliä pidetään yleisesti tehokkaimpina kansainvälisen teknologian siirron muotoina. Avaimet käteen -projektit, yhteistyöyritykset ja suorat ulkomaiset investoinnit täydennettynä paikallisen henkilökunnan koulutuksella ja pääomahyödykkeiden tuonnilla ovat OECD:n tutkimusten mukaan tehokkaimpia teknologian siirron muotoja. Kontrolloidun siirron tapauksissa, erityisesti suorissa ulkomaisissa investoinneissa luovuttaja on vastuullinen ja aktiivisempi osapuoli. Yleinen siirtoväylä säilyttää sen sijaan paremmin vastaanottajan vapauden itsenäisiin toimenpiteisiin ja teknologisen omavaraisuuden saavuttamiseen. Kontrolloidussa teknologian siirrossa vastaanottaja on usein vaarassa tulla riippuvaiseksi teknologian luovuttajasta.³⁰ Esimerkkinä voidaan mainita, että huolimatta joistakin kontrolloidun teknologian siirron eduista ja ulkomaisten yritysten suorista investoinneista, vähemmän kehittyneet maat suhtautuvat yleisesti varauksella teknologiatuontiin, koska pelkäävät sen aiheuttamia seurauksia omavaraisuuspyrkimyksilleen.³¹

Onnistunut teknologian siirto vaatii lähes aina useimman väylän käyttöä rinnakkain. Eri maiden teknologian siirron muodot riippuvatkin ensisijaisesti niiden edellytyksistä ja päämääristä sekä maan ulkomaansuhteista. Useamman näkökulman omaaminen tiettyihin tekniikkoihin auttaa välttämään riippuvuuden muutamasta oligopolistisesta luovuttajasta.³²

Välineelliset ja välineettömät väylät

Teknologian siirtoväylät voivat olla joko välineellisiä tai välineettömiä. Välineellisessä teknologian siirrossa on aina kyse konkreettisista välineistä ja aineellisista panoksista. Teknologia voidaan kuljettaa koneen tai kokonaisen tuotantolaitoksen muodossa, jolloin

²⁹ Saralehto 1986, 97 (Wilkins)

³⁰ Myllyntaus 1991, 3

³¹ Myllyntaus 1992, 201 (Jussawalla)

³² Myllyntaus 1991, 4-5

vastaanottaja voi olla varma siitä että uusi teknologia toimii. Siirretty välineellinen teknologia sisältää sisäänrakennettuna aikakaudelleen ominaista teknologista asiantuntemusta. Tästä seuraa, että mm. teollisuudenalojen pääomahyödykkeet koostuvat useimmiten teknisesti erilaisista vuosikerroista. Koska tuottavuus puolestaan riippuu yleensä tuotantohyödykkeiden iästä, muuttuu teknologia käytännössä aina vanhentuneeksi kun sen uudet sovellutukset tulevat markkinoille. Tämän kaltaista teknologiaa on missä tahansa taloudessa vaikea pitää ajan tasalla. Siksi maa, joka tuo pääomahyödykkeensä ulkomailta on yleensä vailla resursseja, joilla se kykenisi uudistamaan ja kehittämään konekantaansa ennen kuin se vanhentuu.³³

Välineetöntä teknologian siirtoa tarvitaan, koska uusin teknologia ei yleensä koostu pääomahyödykkeistä ja kaikkea koneisiin liittyvää teknologista osaamista on mahdotonta välineellistää. Osa henkilökunnan teknisestä taitotiedosta liittyy väistämättä itse organisaatioon sekä tuotantoprosessin johtamiseen. Tällainen asiantuntemus voidaan siirtää vain välineettömässä muodossa. Teknologia sisältyy inhimilliseen pääomaan, jota voidaan siirtää ihmistyövoiman, yhteydenpidon ja koulutuksen kautta. Välineetöntä teknologista taitotietoa lisätään mm. johdon ja työvoiman koulutuksella sekä tekemällä oppimalla (learning by doing). Tämän kaltaisen taitotiedon pitäminen ajankohtaisena on jatkuva prosessi, joka johtaa vastaanottajan kannalta mielekkäämpään teknologian omaksumiseen. Koska koneet ja asiantuntemus siirretään vastaanottajalle usein samanaikaisesti, välineellinen ja välineetön teknologia täydentävät käytännössä toisiaan ja niillä on taipumus esiintyä yhdessä.³⁴

2.2.2 Teknologian siirron tasot

Teknologian siirtoa voi tapahtua kolmella eri tasolla:³⁵

1. Kansainvälisten järjestelmien muodostamalla globaalitasolla
2. Valtioiden muodostamalla makrotasolla
3. Yritysten ja tutkimuslaitosten muodostamalla mikrotasolla.

Kansainvälisten järjestelmien *globaalitasolla*, käydään keskusteluja teknologian siirron järjestelmästä. Tämä taso muodostuu valtioista ja sillä toimivat kansainväliset teknologian

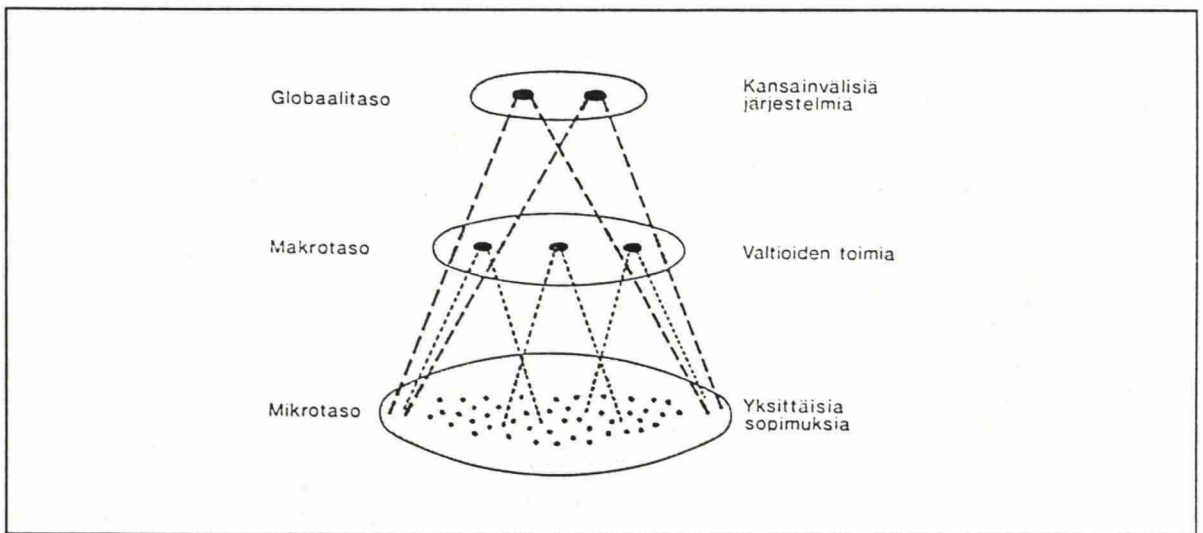
³³ Myllyntaus 1992, 200

³⁴ *ibid*

³⁵ Saralehto 1986, 71

siirtoa käsittelevät järjestöt. *Makrotasolla* yksittäiset valtiot toimivat ja tekevät itsenäisesti omia päätöksiään, säädellen teknologian siirtoa mm. omien lakiansa kautta. Valtiot voivat solmia keskenään myös kahdenvälisiä sopimuksia teknologian siirtämiseksi ja luoda järjestelmiä siirron puitteiksi. *Mikrotaso* on yksittäisten vastaanottajien ja luovuttajien välinen taso ja siinä solmitaan konkreettiset siirtosopimukset. Teknologian siirron tasojen sisällä on integraatiovaikutusta. Makrotason muutokset heijastuvat globaalitasolle ja päinvastoin, mutta myös mikrotasoon vaikuttavat säädösten ja järjestelmien muutokset. Valtioiden asettamat säädökset ohjaavat kansainvälistä teknologian siirtoa välittömästi, sillä globaalitason muutoksille on saatava niihin osallistuvien valtioiden hyväksyntä.³⁶

Kuva 2.1: Teknologian siirron tasot



Lähde: Saralehto 1986, 72

2.2.3 Teknologian elinkaari

Teknologista kehitystä on pitkään tarkasteltu vain innovaatioiden synnyn ja niiden leviämisen muodostamana prosessina. 1980-luvulla yleistyi kuitenkin teknologian elinkaaren tutkiminen teknologisen kehityksen osana. Innovaatiot jaetaan elinkaariteoriassa merkittävään perusinnovaatioihin ja pienempiin parannusinnovaatioihin. Teknologioiden elinkaarista on empiiristen havaintojen pohjalta muodostunut nelivaiheista S-käyrää muistuttava tapahtumakaava. Ensimmäinen vaihe muodostuu teknologian ensimmäisestä kaupallisesta soveltamisesta ja sen laajempaan kaupalliseen läpimurtoon johtavasta kehityskaaresta. Tänä aikana teknologiasta esiintyy usein kilpailevia ratkaisuja, joista lopulta parhaaksi

³⁶ *ibid*, 71-73

osoittautunut otetaan jatkokehittelyn pohjaksi.³⁷

Seuraavat kaksi vaihetta muodostuvat teknologian nopeasta kehityksestä. Toisessa vaiheessa syntyvät tärkeimmät parannus-, sovellutus- ja seurannaisinnovaatiot, jotka lisäävät alkuperäisen teknologian hyödynnettävyyttä. Kolmannessa vaiheessa huomio kiinnitetään useimmiten teknologian taloudellistamiseen. Elinkaaren lopussa teknologia saavuttaa kypsän vaiheen, jossa sen potentiaali on käytetty loppuun. Tässä tilanteessa merkittävää teknistä edistystä voidaan saada aikaan vain kehittämällä ainakin osittain uusi teknologinen parannusratkaisu. Ennen kuin uusi ratkaisu saadaan aikaan, kehitykselle on tyypillistä erilaisten näennäisinnovaatioiden kehittäminen. Teknologian elinkaaren edetessä tapahtuu siis useita samanaikaisia toisiinsa sidoksissa olevia muutoksia. Taulukossa 2.2 on esitetty teknologian elinkaaren vaiheet ja se on kehitetty Freeman et al. (1982, 76-77) esittämän taulukon pohjalta.³⁸

Taulukko 2.2: Teknologian elinkaaren vaiheet

Toiminto	Kehitysvaihe				
		Läpimurto	Nopea kasvu	Kasvun hidastuminen	Kypsä vaihe
Tutkimus- ja kehitystoiminta		Peruskeksinnöt	Uudet tuotteet	Prosessien kehittäminen	Tutkimusvolyymin pieneneminen
Suunnittelu		Äkilliset muutokset	Standardisointi	Säästötoimenpiteet	Rutiinimuutokset
Tuotanto		Pienet yksiköt	Massatuotanto	Skaalaetujen hyväksikäyttö	Tuotannon supistaminen
Investointitoiminta		Suuri riski	Kapasiteetin luominen	Rationalisointi	Investoinnit jäissä
Markkinoiden rakenne		Innovoijien markkinat	Teknologinen kilpailu	Keskittyminen	Oligopolit ja monopolit
Työvoima		Koulutettu	Uusia työpaikkoja	Rutiinitöitä	Työttömyys
Työllisyysvaikutukset muille aloille		Vähäisiä	Merkittäviä	Korvaavia ratkaisuja	Korvaavia

Lähde: Lemola & Lovio 1984, 42

³⁷ Lemola & Lovio 1984, 39

³⁸ *ibid*, 39-42

2.3 "Contextual filter" eli vastaanottajamaan olosuhteiden vaikutus teknologian siirron muotoihin

Aiemmin esiteltyjä teknologian siirron väyliä käytetään ympäri maailmaa ja ainakin teoriassa väylävalikoima on suurinpiirtein sama kaikille maille. Kansainvälisissä vertailuissa on kuitenkin havaittu, että eri maiden siirtoväylien valinnoissa on selviä painotuseroja. Teknologian siirtoon liittyviin ratkaisuihin vaikuttavat niin vastaanottajamaiden hallitukset kuin monet yhteiskunnalliset ominaispiirteet, kuten maan talouden tila, poliittinen ilmapiiri sekä kulttuuri. Edellä mainitut tekijät muodostavat suodattimen, joka on jokaisella maalla ainutkertainen. Suodattimen toiminta on hyvin monimuotoista: se voi sulkea tyystin yhden kanavan, vaikeuttaa toisen toimintaa, antaa kolmannelle täyden vapauden ja ylikuormittaa neljättä. Suodatin ei yleensä ajan kuluessa säily muuttumattomana, vaan siirtyy hallitusmuutosten, ulkomaankauppasuhteiden tai taloudellisen tilanteen seurauksena. Siitä muodostuu itsenäinen teknologian siirtoa ja sen käyttöönottoa säätelevä elin, jonka johdosta teknologian siirto ei ole ainoastaan yksittäinen tekninen tapahtuma, vaan yhteiskunnallinen tapahtumasarja. Ratkaiseva tekijä teknologian siirron onnistumisessa on löytää tehokkaat ja samalla yhteiskunnan hyväksymät keinot, joilla siirtoprosessi voidaan suorittaa. Teknologia ja sen siirtoväylät tulisikin aina valita vastaanottajan ehdoilla.³⁹

2.3.1 Kansallinen innovaatiojärjestelmä

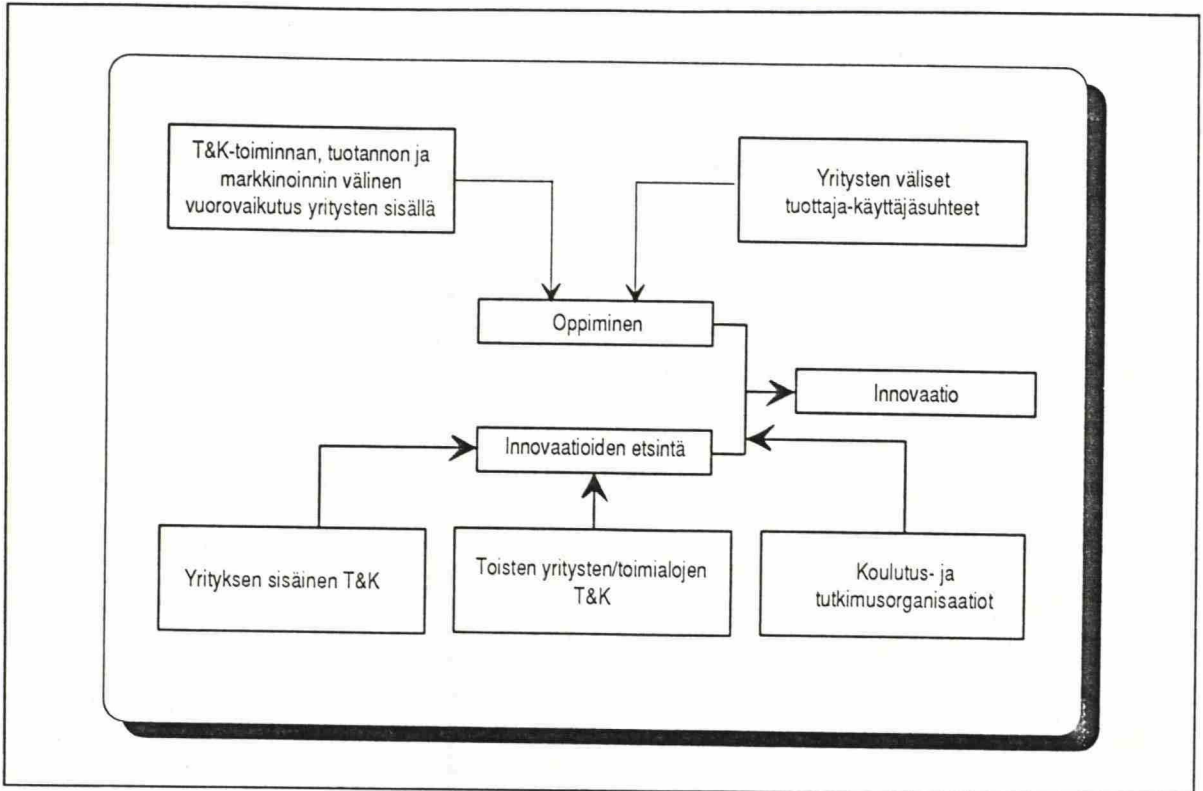
Valtaosa uudesta teknologisesta tiedosta tuotetaan suurissa teollisuusmaissa, joilla on siihen riittävät aineelliset ja henkilöresurssit. Pienten maiden mahdollisuudet pysyä mukana kehityksessä riippuvat sen sijaan pitkälti niiden kyvystä soveltaa nopeasti ja joustavasti uutta teknologiaa. Tämän edellytyksenä on korkeatasoinen osaaminen ja ammattitaito sekä huomattava panostus tutkimus- ja kehitystyöhön.⁴⁰ Kansallinen innovaatiojärjestelmä koostuu tietoa luovista organisaatioista, joihin kuuluvat T&K -työtä harjoittavat yritykset, yliopistot ja muut voittoa tavoittelemattomat yhteisöt ja valtion tutkimuslaitokset. Toisin sanoen kaikki ne instituutiot ja taloudelliset rakenteet, jotka vaikuttavat uuden tiedon ja osaamisen tuottamiseen sekä niiden leviämiseen ja hyödyntämiseen. Kansallista innovaatiojärjestelmäänsä kehittämällä vastaanottajamaa voi parantaa mahdollisuuksiaan teknologian siirron omaksumisessa ja sen edelleen kehittämisessä.⁴¹

³⁹ Myllyntaus 1992, 203-204; Myllyntaus 1990, 58-60

⁴⁰ Alueellisen... 1990, 1

⁴¹ Kansallinen... 1993, 53

Kuva 2.2: Kansallisen innovaatiojärjestelmän keskeiset osat



Lähde: Kansallinen... 1993, 53

Kansainväliset vertailut osoittavat, että eri maiden innovaatiojärjestelmissä on suuria eroja. Karkeasti ottaen järjestelmät voi luokitella kahteen ryhmään:

1. Lyhyen tähtäyksen järjestelmät
2. Dynaamiset järjestelmät

Lyhyen tähtäyksen järjestelmissä teknologian kehittämiseen suhtaudutaan kuten muihinkin investointeihin. Markkinoilta tulevat kysyntäimpulssit ja hintaodotukset määrittävät investointien ajoituksen ja määrän. Julkisen sektorin rooli on siten pieni. Dynaamisissa innovaatiojärjestelmissä investoinnit teknologiaan nähdään eri tavoin. Investoinneilla katsotaan olevan merkittäviä ulkoisvaikutuksia ja uusien tuotteiden ja tuotantomenetelmien lisäksi ne tuottavat runsaasti eri tavoin kumuloituvia aineettomia vaikutuksia. Julkisen sektorin rooli osana innovaatiojärjestelmää voi siten olla suuri. OECD-alueella tyypiesimerkki lyhyen tähtäyksen järjestelmän maista on ollut Englanti ja dynaamisen järjestelmän maista Saksa.⁴²

⁴² ibid, 54

2.3.2 Teknologia politiikka⁴³

Laajana ja monimuotoisena koneistona valtio voi vaikuttaa teknologiseen kehitykseen hyvinkin monella tavalla, sillä se luo merkittävän osan taloudellisista sekä tiedettä ja teknologiaa koskevista yleisistä toimintaedellytyksistä. Valtio voi siten erilaisin edistävin ja rajoittavin toimenpitein vaikuttaa teknologisen muutoksen suuntaan ja vauhtiin. Valtion harjoittama teknologia politiikka on yksi teknologisen kehityksen ja siten myös teknologian siirron vuorovaikutusprosessia säätelevistä tekijöistä.⁴⁴ Teknologia politiikan tarkoituksena on mahdollistaa maan kilpailukyvyyn kannalta strategisesti keskeisen tiedon ja uuden teknologian saanti joko hankkimalla sitä maan rajojen ulkopuolelta tai kehittämällä sitä itse. Kansalliset teknologiaohjelmat ovat keino, jolla pyritään tuottamaan sellaisia perustietoon liittyviä valmiuksia, joiden avulla uutta teknologiaa kyetään ottamaan vastaan ja sovelta-
maan mahdollisimman nopeasti.⁴⁵ Teknologia politiikan lähtökohtana pidetään nykyisin pitkälti juuri kansallisen innovaatiojärjestelmän kehittämistä.⁴⁶

Uuden teknologian hankkiminen maahan edellyttää huolellista valmistelua ja siirron edellytysten kehittämistä. Uusista teknologioista on saatava tietoa riittävän ajoissa ja tiedon on päädyttävä todellisille tarvitsijoille eli uutta teknologiaa haluaville yrityksille. Vastaanottajamaahan hankittavat uudet teknologiat on voitava sopeuttaa olemassa olevan tuotantojärjestelmän kokonaisuuteen, eli koulutus- ja tutkimusjärjestelmän on kyettävä hallitsemaan uudet teknologiat. Erityisen tärkeää on kehittää teknologian siirron yleisiä edellytyksiä, sillä useimmissa tapauksissa itse siirron toteutuminen on kiinni yritysten omasta aktiviteetista.⁴⁷ Teknologia politiikka onkin nimenomaan keino vaikuttaa teknologian siirron yleisiin edellytyksiin ja maan olosuhteisiin siten, että toivotut teknologiat pystytään siirtämään vastaanottajalle mahdollisimman sujuvasti. Laajasti ymmärrettynä teknologia politiikalla tarkoitetaan sitä valtiollisen toiminnan aluetta, jonka tehtävänä on pyrkiä vaikuttamaan teknologiseen muutokseen, tämän muutoksen suuntaan, laajuuteen ja vauhtiin. Määritelmä voidaan edelleen jakaa seuraaviin osa-alueisiin:

- kansallisen, tieteellisen ja erityisesti teknologisen infrastruktuurin ylläpitäminen ja kehittäminen,

⁴³ Luvun sisältö perustuu pääosiltaan julkaisuun Lemola & Lovio 1984, 114-153

⁴⁴ Kansallinen... 1993, 53

⁴⁵ Alueellisen... 1990, 1-2

⁴⁶ Kansallinen... 1993, 53

⁴⁷ Teknologia komitean... 1981, 28

- sellaisen teknologisen valmiuden ylläpitäminen, joka ei ole välittömästi yritysten mielenkiinnon kohteena, mutta joka on maan kansainvälisen kilpailukyvyyn kannalta pitkällä tähtäyksellä välttämätöntä sekä
- teollisen tuotannon välittömästi tarvitseman tutkimus- ja kehitystyön tukeminen ja täydentäminen.

Teknologiapolitiikan ensisijaisena sisältönä on perinteisesti pidetty teknisen tutkimus- ja kehitystoiminnan tukemista tai laajemmassa merkityksessä keksintöjen ja innovaatioiden aikaansaamista. Teknologiapolitiikan käsitteen rinnalla esiintyy myös käsite innovaatiopolitiikka. Jälkimmäisen käsitteen kohdalla on haluttu entisestään korostaa innovaatioiden aikaansaamisen tärkeyttä, ja toisaalta tarkastelun piiriin on pyritty saamaan myös T&K-työn määritelmän ulkopuolelle jääviä innovaatioprosessin osia. Muilta osin teknologiapolitiikan ja innovaatiopolitiikan käsitteitä käytetään lähes synonyymeina.

Teknologiapolitiikan perusteet

Markkinatalousmaissa innovaatioiden aikaansaaminen ja siihen liittyvä tutkimus- ja kehitystyö kuuluu pääsääntöisesti yrityksille, sillä niiden toimenpiteistä riippuu käytännössä tuotteiden jatkuva uusiutuminen, tuotantomenetelmien parantaminen ja teknologian kehityksestä aiheutuvien haittatekijöiden vähentäminen. Yrityksillä on avainasema teknologian kehittäjinä myös siksi että ne tuntevat tutkimus- ja kehittämistarpeet ja sovellutusmahdollisuudet ja samalla ne omaavat edellytykset omatoimiseen tutkimus- ja kehitystyöhön. Mistä siis johtuvat ja miten selittyvät valtion osallistuminen tai puuttuminen teknologian kehittämiseen?

Valtion teknologiapolitiikan perusteista on esitetty erilaisia, osittain hyvinkin paljon toisistaan poikkeavia näkemyksiä. Yhteenvetona kirjallisuudessa esitetyt teknologiapolitiikan perustelut voidaan kuitenkin ryhmitellä kuuteen pääryhmään:

- valtio perusvalmiuden luoja, ylläpitäjänä ja kehittäjänä
- valtio riskin jakajana ja aikajänteen pidentäjänä
- valtio rakenteellisen jälkeenjääneisyyden korjaajana
- valtio erityisluottolaitoksena
- valtio omavaraisuuden turvaajana
- valtio teknologisen kehityksen haittavaikutusten säätelijänä.

Tutkimustoiminnan edistämiseen teknologiapolitiikan keinoin on lisäksi kaksi tärkeää perustetta. Ensinnäkin, teknologia- ja osaamispanoksella on suuri vaikutus talouden kasvuun. Toiseksi, pelkästään markkinavoimiin perustuva järjestelmä kohdentaa tutkimukseen yhteiskunnan kannalta liian vähän voimavaroja, kun yleisesti on tiedossa, että innovaatioiden kokonaistaloudelliset hyödyt ovat niiden yksityistaloudellisia hyötyjä suuremmat. Jotta innovaatioiden syntyminen ja leviäminen olisi turvattu täytyy keskeisesti julkisen sektorin vastuulla olevan yhteiskunnallisen infrastruktuurin olla kehittynyt. Hyvin toimiva yhteiskunnan perusrakenne, johon kuuluvat mm. liikenne- ja tietoliikenneverkko, energiasjärjestelmä ja terveydenhoito, on osa innovaatiotoimintaa edistävää yhteiskuntarakennetta. Korkeatasoinen infrastruktuuri voi olla nimenomaan pienen maan kilpailuetu. Teknologiapolitiikan yhtenä päämääränä onkin innovaatiotoimintaa lisäävän yritysten ja julkisen sektorin vuorovaikutuksen kasvattaminen.⁴⁸

Teknologiapolitiikan tyypit

Teknologiapolitiikan tyypit voidaan jakaa valtion osallistumisen eli valtiointervention voimakkuuden ja luonteen perusteella seuraavaan kahteen perusvaihtoehtoon:

1. Teknologiapolitiikka perustuu puhtaasti markkinamekanismille. Valtion tehtävänä on lähinnä luoda ja kehittää innovaatiotoiminnan yleisiä taloudellisia ja yhteiskunnallisia edellytyksiä ja puitteita.
2. Teknologiapolitiikka perustuu voimakkaaseen valtiolliseen osallistumiseen ja ohjaukseen sekä markkinamekanismin aktiiviseen valikoivaan tukemiseen ja täydentämiseen.

Ensimmäiselle vaihtoehdolle on tyypillistä, että innovaatiotoiminta tapahtuu hajautetusti eräänlaisissa autonomisissa yritysyksiköissä. Valtio ei sen paremmin avusta kuin ohjaa yritysten innovaatiotoimintaa, vaan sopeuttaa oman toimintansa markkinavoiimien ohjaamaan kehitykseen. Jälkimmäiselle vaihtoehdolle on puolestaan tyypillistä kokonaisvaltainen ja tavoitteellinen valtion ohjaus.

Teknologiapolitiikan keinot

Teknologiapolitiikan keinot ryhmitellään yleisesti yrityksissä tapahtuvan innovaatiotoiminnan näkökulmasta suoriin, epäsuoriin ja muihin lähinnä toimintaympäristöön liittyviin toimenpiteisiin. *Suorat* toimenpiteet käsittävät teollisuuden tutkimus- ja kehitystyön

⁴⁸ Kansallinen... 1993, 52

tukemisen avustuksin ja lainoin sekä verotuksellisin keinoin. *Epäsuorat* keinot ovat erilaisia teknologisen perusvalmiuden luomiseen ja välittämiseen tähtääviä keinoja, kuten koulutus, teollisuutta edistävien ja palvelevien tutkimuslaitosten ylläpitäminen sekä informaatiopalvelut. Ryhmään "*muut toimenpiteet*" kuuluvat toiminnot, kuten kilpailulainsäädäntö, kotimaiset hankinnat, patenttilainsäädäntö sekä erilaiset säännöstely- ja valvontatoimenpiteet.

Teknologiapolitiikan keinoja voidaan tarkastella myös innovaatiotoimintaan kohdistuvan kysynnän ja tarjonnan näkökulmasta. Rothwell (1983) jakaa toimenpiteet tältä pohjalta kolmeen osa-alueeseen:

1. Tarjonta; innovaatiotoiminnan taloudellinen tukeminen, työvoiman tuottaminen ja teknisten palvelujen järjestäminen (mukaan lukien tieteellinen ja teknologinen infrastruktuuri).
2. Kysyntä; julkiset hankinnat sekä uusien tuotantomenetelmien ja palvelujen kehittämistä koskevat sopimukset ja toimeksiannot.
3. Ympäristö; verotuspolitiikka, patenttipolitiikka sekä taloudellinen, työoloja sekä ympäristöä koskeva valvonta.

Teknologiapolitiikan merkitys valtion taloudellisen kriisin ratkaisukeinona on yleisesti tunnustettu. Sen sijaa keinojen laajuudesta ja konkreettisesta sisällöstä on olemassa hyvinkin erilaisia näkemyksiä. Usein kysytään, tulisiko valtion tukea yritysten innovaatiotoimintaa markkinoiden kehityksen ja sen ilmaisemien tarpeiden puitteissa vai tulisiko sen olla toiminnassaan aktiivisempi ja valikoivampi. Taulukossa 2.3 on kuvattu valtion teknologiapolitiikan keinot konkreettisesti. Taulukosta voi nähdä miten monin tavoin valtio osallistuu ja tarvittaessa vaikuttaa innovaatioprosessiin. Toisaalta taulukko saattaa antaa liiankin kattavan kuvan teknologiapolitiikan osa-alueella käytettävistä toimenpiteistä, sillä niiden merkitys on vaihteleva. Lisäksi toimenpiteiden toteutus jakautuu useiden melko itsenäisten organisaatioiden kesken.

Taulukko 2.3: Teknologia politiikan keinot

Keinotyyppi	Esimerkkejä
Teknistieteellinen tutkimustoiminta	Tutkimuslaitokset, tekniset määritykset
Rahoitus	Lainat, avustukset, apurahat
Verotus	Verotus yleensä sekä innovaatiotoimintaa koskevat verohelpotukset
Lainsäädäntö	Patenttitoimintaa sekä ympäristöä, työolosuhteita ja kilpailua koskeva lainsäädäntö
Koulutus	Peruskoulutus, ammatillinen koulutus, korkeakoulutus sekä jatko- ja täydennyskoulutus
Julkiset hankinnat	Puolustuslaitoksen hankinnat, muut julkiset hankinnat ja muu ensitoimitusten tukeminen
Tiedotustoiminta	Informaatiopalvelulaitokset, kirjastot, radio ja televisio, neuvontapalvelut, tilastotoimi jne.
Valtion yritystoiminta	Uusien teollisuudenalojen perustaminen, uusien teknologioiden kokeilu, markkinamekanismin täydentäminen, osallistuminen yksityisten yritysten toimintaan
Julkiset palvelut	Julkisiin palveluihin liittyvät hankinnat, julkinen rakentaminen sekä kuljetus- ja tietoliikenne
Politiikka	Poliittinen ilmasto, suunnittelu, aluepolitiikka
Kaupalliset toimenpiteet	Kauppasopimukset, tullijärjestelyt, valuuttamääräykset

Lähde: Lemola & Lovio 1984, 140 (Braun)

Teknologia politiikan strategiat

1980-luvulla käydyn keskustelun tuloksena teknologia poliittiset strategiat voidaan jakaa kolmeen pääryhmään (Stankiewicz 1982). Käytännössä perusvaihtoehdot eivät ole toisiaan poissulkevia, vaan esiintyvät eriasteisina yhdistelminä:

1. Defensiivinen strategia: Valtion toimenpiteet suunnataan olemassaolevan tuotantorakenteen vahvistamiseen ja suojelemiseen sekä vaikeuksissa kamppailevien työvoimavaltaiten tuotantosektoreiden ja yritysten valikoivaan tukemiseen ja avustamiseen.
2. Positiivisen sopeutumisen strategia: Valikoivien tuki- ja avustusluonteisten toimenpiteiden sijasta painotetaan yritysten taloudellisten ja muiden yleisten toimintaedellytysten kehittämistä perinteisin talous-, vero- ja finanssipolitiikan keinoin.

3. Aktiivinen strategia: Valtio valmistelee teollisuuden ja teknologian kehittämisen pitkän aikavälin strategioita ja kehittää määrätietoisesti uusia kasvualoja sekä uusia impulsseja antavia perusteknologioita taantuvien alojen ja teknologioiden tilalle.

Valtio joutuu teknologiapolitiikkaa harjoittaessaan usein vaikeaan valintatilanteeseen; valinta joudutaan tekemään puutteellisesti toimivan markkinamekanismin ja puutteellisesti toimivan poliittisen mekanismin välillä. Tisdellin (1981) mukaan ratkaisu tähän ongelmaan on pienemmän pahan vaihtoehto eli tietyissä tilanteissa epätäydellinen poliittinen mekanismi on yhteiskunnallisesti parempi vaihtoehto kuin epätäydellinen markkinamekanismi. Freemanin (1980) mukaan teknologiapolitiikassa tulisi ennen kaikkea keskittyä tavoitteelliseen, teollisuuden pitkän aikavälin kehittämistarpeita ja -mahdollisuuksia ennakoivan strategian omaksumiseen. Tältä pohjalta Freeman on todennut, että kysymys teknologiapolitiikan keinoista on toisarvoinen ja ratkaistavissa vasta sen jälkeen, kun on ensin päätetty siitä, millaista yleistä teknologiapoliittista strategiaa noudatetaan.

Teknologiapolitiikan asema

Teknologiapolitiikan asema valtion politiikan osa-alueiden joukossa on useimmissa maissa toistaiseksi osittain selkiintymätön. Teknologiapolitiikan aseman määrittelyssä on löydetty vissä ainakin kolme eri vaihtoehtoa:

- teknologiapolitiikka nähdään joko tiedepoliitiikan osa-alueena (tiede- ja teknologiapolitiikka) tai teollisuuspolitiikan osa-alueena (teollisuus- ja teknologiapolitiikka),
- teknologiapolitiikka sijoitetaan tiedepoliitiikan ja teollisuuspolitiikan välimaastoon suhteellisen itsenäiseksi tiedepoliittikkaa ja teollisuuspolitiikkaa yhdistäväksi lenkiksi tai
- teknologiapolitiikka nähdään tiede- ja teollisuuspolitiikkaa kokonaisvaltaisesti ohjaavana ja koordinoivana yhteiskuntopolitiikan lohkona.

Teknologiapolitiikan aseman erilaisiin näkemyksiin vaikuttavat paitsi historialliset ja institutionaaliset syyt myös se, millä tavalla tieteen kehityksen ja teknisen kehityksen väliset suhteet ymmärretään. Teknologiapolitiikka nähdään osana tiedepoliittikkaa, jos teknistä kehitystä pidetään osana tieteellistä kehitystä. Toisaalta teknologiapolitiikan suhde teollisuus- ja talouspolitiikkaan korostuu, jos teknisen kehityksen omia lainalaisuuksia ja sen merkitystä pidetään yleisesti osana teollisuuspolitiikan keinoja.

2.4 Vastaanottajamaan teknologinen muutosprosessi

Teknologisen osaamisen ja muutoksen tasot voidaan jakaa vastaanottajamaan näkökulmasta kolmeen luokkaan:⁴⁹

1. Kyky käyttää teknologiaa
2. Kyky investoida uuden tuotantokapasiteetin luomiseen
3. Kyky innovoida eli taito muokata ja parantaa metodeja ja tuotteita.

Yleisesti ollaan sitä mieltä, että teknologian siirto on tapahtunut silloin, kun vastaanottaja on käyttänyt siirrettyä tietämystä, sillä tietämyksen hallinta on kriittinen tekijä arvioitaessa minkä tahansa siirron merkitystä.⁵⁰ Teknologian siirrossa ei siis riitä, että uusi teknologia on vastaanottajamaan käytettävissä teknologian luovutuksen tapahduttua. Ollakseen käyttökelpoinen ja kannattava täytyy ulkomainen teknologia yleensä sopeuttaa paikallisia olosuhteita vastaavaksi. Uuden teknologian sopeuttaminen vähemmän kehittyneeseen talouteen vaatii usein innovatiivisia toimia vastaanottajalta. Onnistunut sovellus avaa tien tehokkaalle diffuusiolle, joka lopullisesti määrittelee uuden teknologian merkityksen makrotaloudelle. Diffuusiossa ei ole kyse pelkästään teknisestä käytettävyydestä vaan myös sosio-ekonomisista edellytyksistä. Jos vastaanottajamaalla on esimerkiksi vakaiden poliittisten olosuhteiden ohella riittävän hyvä koulutusjärjestelmä ja resursseja kotimaiseen T&K -työhön, se voi aikaa myöten siirtyä teknologian tuojasta sen viejäksi. Tuontiteknologia voi toimia perustana ja lähtötasona vähitellen kehittyvälle kotimaiselle taitotiedolle.⁵¹

Taulukko 2.4: Teknologisen osaamisen kehittämisvaiheet

- | |
|--|
| <ol style="list-style-type: none"> 1. Ulkomaisten teknologioiden jäljittely 2. Tekemällä oppiminen 3. Ulkomaisen teknologian soveltaminen kotimaisiin olosuhteisiin 4. Ulkomaisen teknologian parantaminen 5. Uusien keksintöjen ja innovaatioiden teko |
|--|

Lähde: Myllyntaus 1991, 5

⁴⁹ Stewart & Nihei 1987, 3

⁵⁰ Nironen 1992, 4

⁵¹ Myllyntaus 1991, 5-6

Valtioiden järjestys muuttuu teknologisen kehityksen asteikolla jatkuvasti, on edelläkävijöitä, mutta on myös seuraajia. Teknologisessa kehityksessä perässä tuleminen ei aina ole haitallista, sillä seuraajat saavat aikanaan osakseen kaiken historiallisen kehityksen mukanaan tuoman hyödyn, eikä niiden tarvitse itse tuottaa kaikkea sitä, mitä muut maat ovat jo tuottaneet (Felix 1974). Teknologisen muutosprosessin näkökulmasta valtiot voidaan luokitella:⁵²

- teknologiaa tuottaviin ja myyviin (teknologian luovuttaja),
- teknologiaa välittäviin ja tuottaviin ja
- teknologiaa pelkästään ostaviin (teknologian vastaanottaja).

Yhteiskunnan kannalta teknologista muutosta ja teollistumista voidaan tarkastella kolmen toisiaan seuraavan vaiheen prosessina: esiteollisena, teollisena ja jälkiteollisena yhteisönä. *Esiteollisessa vaiheessa* tuotanto on yksinkertaista, tuotteet liittyvät päivittäiseen toimintaan ja niillä on lähinnä paikallista merkitystä. Teknologia on käyttökoneologiaa, jonka kehittäminen tapahtuu "maalaisjärjen" sekä yrityksen ja erehdyksen avulla. *Teollista vaihetta* kuvaa massatuotanto, jonka taustalla on koneteknologia yhdistyneenä pääomiin ja insinööritaitoon. Teknologiaa kehitetään ennen muuta käytännön ja kokeellisen tutkimuksen avulla. Koneiden, laitteiden ja informaation lisäksi teollistumiseen liittyy mm. arvojen, instituutioiden, organisaatioiden, yrittäjyyden sekä tradition laadullinen muutos. Teollistumisen lopputulos ei ole lopullinen olotila, vaan jatkuva muutos. Teollista yhteisöä seuraa *jälkiteollinen yhteisö*. Keskeinen tekijä tälle vaiheelle on siirtyminen tavaroiden tuotannosta palveluiden tuottamiseen. Teknologia on älyllistä teknologiaa ja edellisiä kehitysvaiheita leimannut kamppailu luontoa vastaan on muuttunut vuorovaikutussuhteeksi ihmisen ja luonnon välillä.⁵³

2.4.1 Teknologian siirron yleismalli - Makrotason näkökulma kansainväliseen teknologian-siirtoon

Kansainvälistä teknologian siirtoa ja vastaanottajamaan teollistumisprosessia käsitellään kokonaisuutena teknologian siirron yleismallissa. Teknologian siirtoa ja teollistumista kuvataan mallissa simultaanisina tapahtumina ja sen tavoitteena on kuvata toimintatilanne ja kehikko, jossa teknologia siirtyy ja sitä koskevat päätökset tehdään. Mallissa on kolme

⁵² Hyvärinen, 7

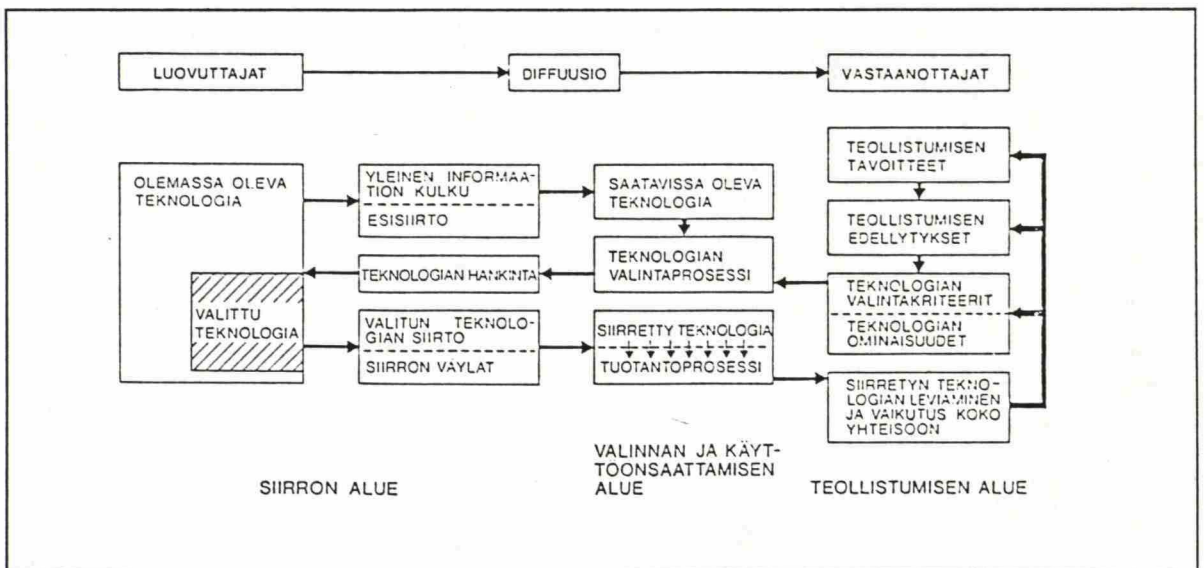
⁵³ Saralehto 1986, 142-144, 151-152

pääaluetta:⁵⁴

1. teknologian siirron alue,
2. teknologian valinnan ja käyttöön saattamisen alue ja
3. teollistumisen alue.

Teknologian siirron alue kattaa teknologisen tiedon keräämisen, teknologian hankinnan sekä valitun teknologian siirron jotakin väylää pitkin. Tällä alueella toimii myös teknologian siirron kansainvälinen ja kansallinen hallinta. Hallintajärjestelmät säätelevät siirtoa ja liittyvät usein kansalliseen teollisuuspolitiikkaan tai ulkomaansuhteiden hoitoon. Kansainväliset järjestelmät ovat osa sitä toimintaa, jonka avulla valtiot yhteistyössä keskenään luovat puitteet kansainväliselle vaihdolle ja keskinäiselle vuorovaikutukselle. *Teknologian valinnan ja käyttöön saattamisen alueella* valitaan tarkoituksenmukainen teknologia ja siirretty teknologia saatetaan tuotantoon. *Teollistumisen alueella* on puolestaan mukana sekä teollistumisen lähtökohtien muotoilu että siirretyn teknologian leviäminen yhteisöön.⁵⁵

Kuva 2.3: Teknologian siirron yleismalli



Lähde: Saralehto 1986, 87

Teknologian siirron yleismallissa tarkastelun painopiste on teknologian siirron makro-tasossa mutta samalla siihen yhdistyy mikrotaso ja taustalla oleva globaalitaso. Makro-tasolla voidaan luoda sellaiset edellytykset, että siirrettävä teknologia saadaan sopimaan ympäristöönsä ja toimimaan siinä. Valtion luonnollinen rooli on ulkomaansuhteista huoleh-

⁵⁴ *ibid*, 86

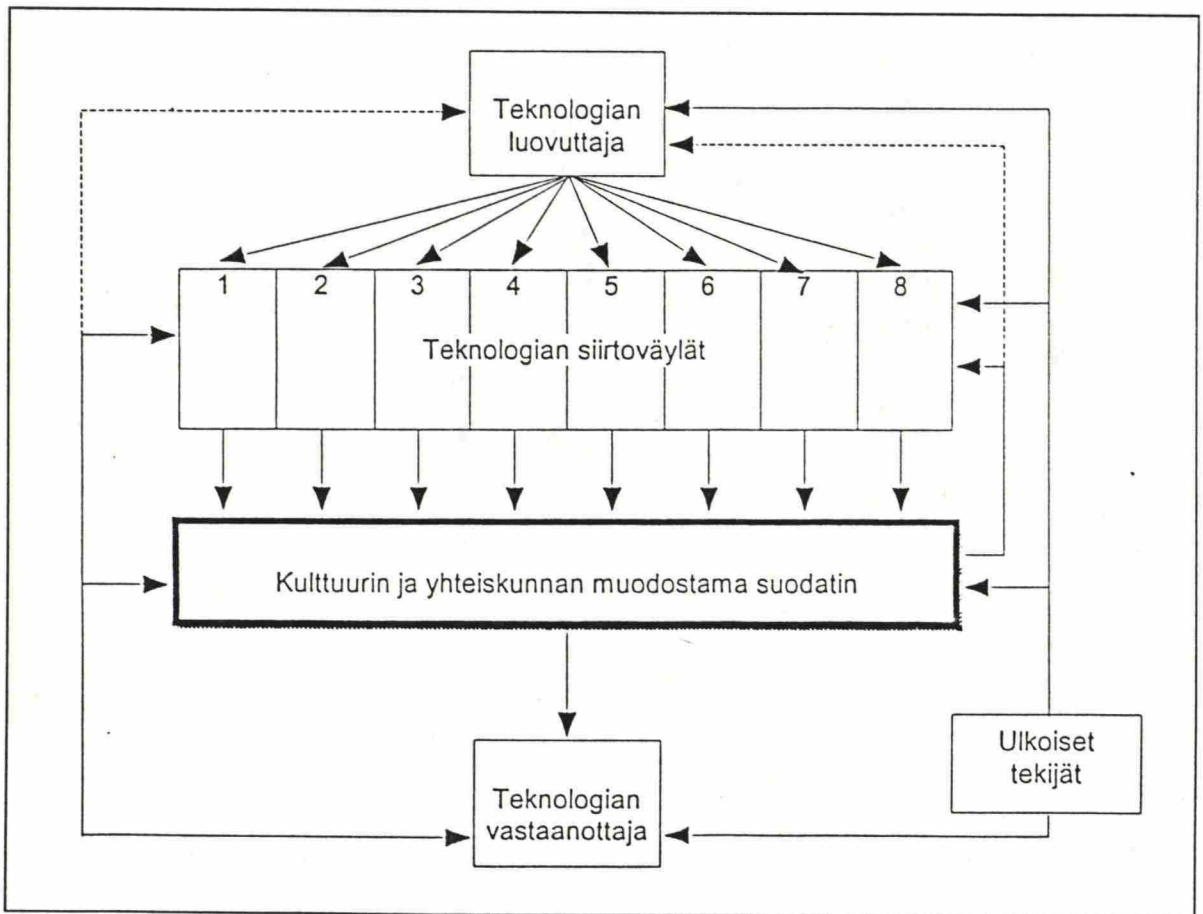
⁵⁵ *ibid*

timinen siten, että muut maat ovat halukkaita luovuttamaan sille teknologiaa. Makrotason tarkasteluissa valtiot eivät itse useinkaan myy teknologiaa, vaikka yleisen teknologian tarjoajina voikin olla valtioita tai niiden laitoksia. Sen sijaan makrotasolla voidaan haluttaessa edistää tai hidastaa teknologian siirtoa.⁵⁶

2.4.2 Teknologian siirron mekanismi

Edellä on määritelty teknologian siirron osapuolien roolit, teknologian siirron väylät ja ns. "contextual filter" eli vastaanottajamaan olosuhteista koostuva teknologian siirron suodatin. Näistä muuttujista koostuu tämän tutkielman viitekehys, teknologian siirron mekanismi, jonka pohjalta tarkastellaan teknologista muutosta Suomen energia-alalla.

Kuva 2.4: Teknologian siirron mekanismi



Lähde: Myllyntaus 1992, 203

⁵⁶ *ibid*, 88, 166

3 ENERGIATALOUDEN KEHITYS JA ENERGIA TEKNOLOGIAN SIIRTO SUOMEEN

Tässä luvussa on tarkoitus selvittää miten Suomen energiateknologinen muutos on tapahtunut kansainvälisen teknologian siirron näkökulmasta tarkasteltuna. Koska suomalaisen energiateknologian valmistus on lähes poikkeuksetta lähtenyt liikkeelle kotimarkkinoiden tarpeista, voidaan sanoa, että energiahuoltojärjestelmämme kehityksellä on suora yhteys energiateknologisen muutoksen suuntaan ja vauhtiin. Luvun rakenne koostuu energiahuollon kehityksen tarkastelusta siirtyen siitä kyseisenä ajanjaksona tyypillisiin energiateknologioihin ja niiden siirtoprosessiin. Tarkasteltava ajanjakso kulkee sähkön käytön alkamisajankohdasta nykypäivään.

3.1 Tausta

Teollistumiskehitys alkoi Suomessa 1840-luvulla, jolloin ensimmäiset konepajat aloittivat toimintansa.⁵⁷ Yksipuoliset vaikkakin rikkaat luonnonvaramme johtivat siihen, että energiantensiivisistä puunjalostusteollisuudesta kehittyi ennen pitkää johtava teollisuudenala. Koska metsäteollisuuden käyttämät koneet pyrittiin mahdollisuuksien mukaan rakentamaan kotimaassa, saatettiin samalla alkuun energiatekniikan kehitystyö kotimaisissa konepajoissa.⁵⁸

Tekninen koulutus alkoi Suomessa 1840-luvulla ja 1850-luvulla yritysten käytössä alkoi ulkomaisten asiantuntijoiden ohella olla vähitellen myös kotimaisia asiantuntijoita. Opettajina toimivat olivat kuitenkin vielä pitkään lähinnä keski-eurooppalaissyntyisiä. Tämän lisäksi monia suomalaisia opiskeli eurooppalaisissa korkeakouluissa, pääasiassa Saksassa, Englannissa ja Ruotsissa. Keski-eurooppalainen vaikutus oli siten pitkään hyvin suuri. Tilanne alkoi vähitellen muuttua, kun maahan saatiin 1908 alan ensimmäinen korkeakoulu. Vuonna 1872 perustettu Polyteknillinen opisto muutettiin silloin Helsingin teknilliseksi korkeakouluksi.⁵⁹

⁵⁷ Keskinen 1993, 23

⁵⁸ Energy Technology... 1994, 4

⁵⁹ Keskinen 1988, 1-2

Taulukko 3.1: Ensimmäisten suomalaisten sähköalan insinöörien ulkomaiset opinnot

Yksi tai useampia matkoja maata kohti / insinööri	Syntymäaika vuosien 1858 ja 1889 välillä		Syntymäaika vuosien 1890 ja 1899 välillä		Yhteensä	
	No.	%	No.	%	No.	%
Matkakohde:						
Saksa	69	90	95	84	164	86
Ruotsi	46	60	81	72	127	67
Sveitsi	28	36	23	20	51	27
Tanska	22	29	45	40	67	35
Iso-Britannia	18	23	32	28	50	26
Norja	16	21	27	24	43	23
Venäjä/NL	16	21	11	10	27	14
Ranska	15	19	32	28	47	25
Yhdysvallat	12	16	14	12	26	14
Vähintään yhden ulkomaisen opinto- matkan tehneiden insinöörien lukum.	77	100	113	100	190	100
Insinöörit ikäryhmittäin	82		141		223	

Lähde: Myllyntaus 1990, 75

Suomessa vallitsevilla olosuhteilla on ollut suuri merkitys sähköön käytön alkamisajankohdalle ja koko teknologiselle kehitykselle maassamme. Maamme kulttuuri, lainsäädäntö, uskonto sekä yhteiskuntajärjestys ovat länsimaista perintöä. Ne juontavat juurensa Suomen 650 vuotta kestäneestä, yhteisestä historiasta Ruotsin kanssa ja säilyivät myös vuosina, jolloin Suomi oli osa Venäjää. Itsenäistymisen jälkeen länsimaista perintöä ja sen ylläpitämistä on maassamme pidetty itsestään selvänä.⁶⁰

3.2 Sähköön aikakausi alkaa

Sähkölaitostoiminnan alkamisajankohta oli Suomessa hyvin varhainen. Tampereella, Finlaysonin kutomossa aloitettiin 15.3.1882 sähkövalokokeilu, joka oli ensimmäinen laatuaan Pohjoismaissa ja ensimmäisten joukossa koko Euroopassa. Ensimmäinen kaupallisesti valmis hehkulamppu oli kehitetty Amerikassa vain kaksi vuotta aikaisemmin.⁶¹ Voimalaitos- ja siirtotekniikan kehittyessä voimalaitosten koko kasvoi ja sähköön jakeluetäisyydet pitenivät. Voimalaitosten tuotanto perustui aluksi pääosin höyryvoimaan mutta vesivoiman

⁶⁰ ibid, 1

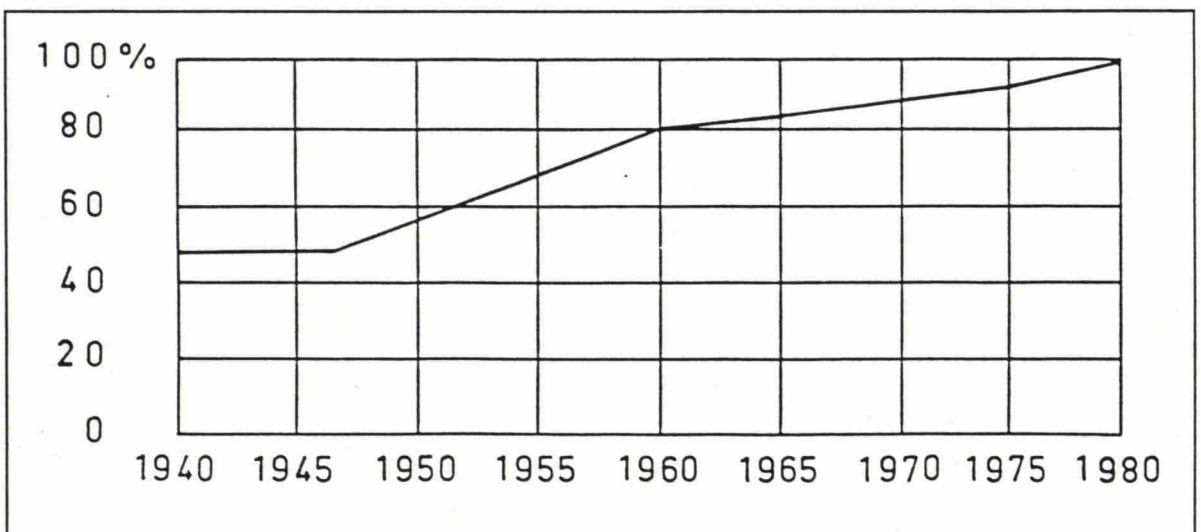
⁶¹ Auer & Teerimäki 1982, 11-12

osuus kasvoi sähkön siirtoetäisyyksien kehityksen myötä.

3.2.1 Sähkön jakelu ja siirto

Maamme sähkönjakelun ja sähkölaitostoiminnan alkuna sanan nykyisessä merkityksessä pidetään ensimmäisen kaupallisen sähkönjakeluaseman perustamista Helsinkiin 1883. Hietalahden telakalta alettiin tuolloin johtaa sähköä lähistöllä sijainneiden asuintalojen valaistukseen. Kaupunkien sähkönjakelu yleistyi nopeasti ja alkoi vakiintua 1890-luvulla. Vuoteen 1920 mennessä yleinen sähkönjakelu oli toteutunut jossakin laajuudessa kaikissa silloisissa kaupungeissa. Vanhimmat varsinaiset maaseutus sähkölaitokset perustettiin 1910-luvulla, jolloin sähkönjakelu alkoi nopeasti yleistyä. Paikallisten sähkölaitosten tilalle alkoi tuolloin kehittyä sittemmin yleistyneitä maakunnallisia sähköyhtymiä.⁶² Sähköistyt- sen vauhti saavutti huippunsa, kun ensimmäinen maailmansota vaikeutti maaseudulla valaistukseen käytetyn valopetrolin saantia. Maahamme syntyi lukuisia pieniä toisistaan erillään olevia sähköverkkoja. Tilastojen mukaan maaseudulla toimi 1920-l puolivälissä 700 sähkölaitosta ja alan yritystä eli moninkertainen määrä nykyiseen verrattuna. Alueelli- sestä laajemman yhteistoiminnan parantamiseksi perustettiin sittemmin Maaseudun Säh- köyhtymien Liitto.⁶³

Kuva 3.1: Sähköistettyjen asuntojen osuus maaseudun rakennuskannasta 1940-80



Lähde: Lakervi & Simola 1993, 113

Maaseudun lähes täydelliseen sähköistämiseen johtanut kehitys lähti käyntiin toisen

⁶² Lakervi & Simola 1993, 109-111

⁶³ Karjalainen 1989, 260 - 261; Auer & Teerimäki 1982, 19 - 20

maailmansodan jälkeen, kun heikoimmin sähköistetyille alueille perustettiin maakunnallisia sähkölaitoksia ja valtio tuki samanaikaisesti haja-asutusalueiden laajempaa sähköistystä. Suomen poikkeuksellisen harva asukastiheys teki maaseudun sähköistämisestä kokonaisuudessaan uhrauksia vaativan yhteiskunnallisen tehtävän, joka edellytti omaperäisten teknisten ratkaisujen kehittämistä ja laajamittaista soveltamista.⁶⁴

Laajan yhtenäisen keskusjärjestelmän merkitys sähköön edullisen tuotannon ja sähkönsaannin luotettavuuden kannalta alkoi kirkastua 1920-luvun alussa. Sitä ennen maahamme oli rakennettu lähinnä yksittäisiä voimansiirtolinjoja, joista merkityksellisimpiä kotimaisen teknologiaosaamisen taidonnäytteitä oli vuosisadan vaihteessa valmistunut, täysin suomalaisen suunnitteluun perustunut siirtojohto Säkkijärveltä Viipuriin. 1920-luvulla suunnitelmiin tuli Kymenlaakson alueen voimalaitosten tehokas yhteiskäyttö, jonka yhtenä konkreettisenä tavoitteena oli siirtää Kymijoen sähkövoimaa Helsinkiin. Tätä voidaan pitää ajankohtaan nähden hyvin edistyksellisenä päämääränä, sillä valtakunnallista yhteiskäyttöä ei tuolloin vielä kaavailtu missään Euroopan maassa. Sopimus sähkön hankinnasta tehtiin Etelä-Suomen Voima Oy:n kanssa 1919. Vielä ei ollut selvää käsitystä siitä, mitä etuja sähkönsiirron standardoinnin kannalta olisi seurannut vain muutaman jännitteen käytöstä ja jänniteskaala muotoutui siten 1920-luvulla varsin kirjavaksi.⁶⁵

3.2.2 Sähköön jakelun ja siirron teknologia

Yhteiskunnallisella ilmapiirillä oli suuri osuus sähkötekniikan kehityskulkuun maassamme 1800-luvun lopulla. Suomessa oli kansainvälisesti valveutunut lehdistö, luku- ja kirjoitustaito oli hyvä ja kansalaiset tiesivät yleisesti maailmalla kehitetyistä uusista sähköinnovaatioista.⁶⁶ Sähkötekniikan kehityksen alkuvaiheessa yksittäisillä henkilöillä oli Suomessa erityisen merkittävä rooli innovaatioiden kehittämisessä ja niiden siirrossa. Nämä henkilöt voidaan ominaisuuksiensa perusteella jakaa kolmeen pääluokkaan:

1. Esitaistelijat, joilla oli kyky ja resurssit vaikuttaa yleiseen mielipiteeseen, viranomaisiin ja teollisuuden edustajiin.
2. Liikemiehet, jotka pystyivät tekemään konkreettisia myyntisopimuksia sähkölaitteiden hankkimiseksi.

⁶⁴ ibid

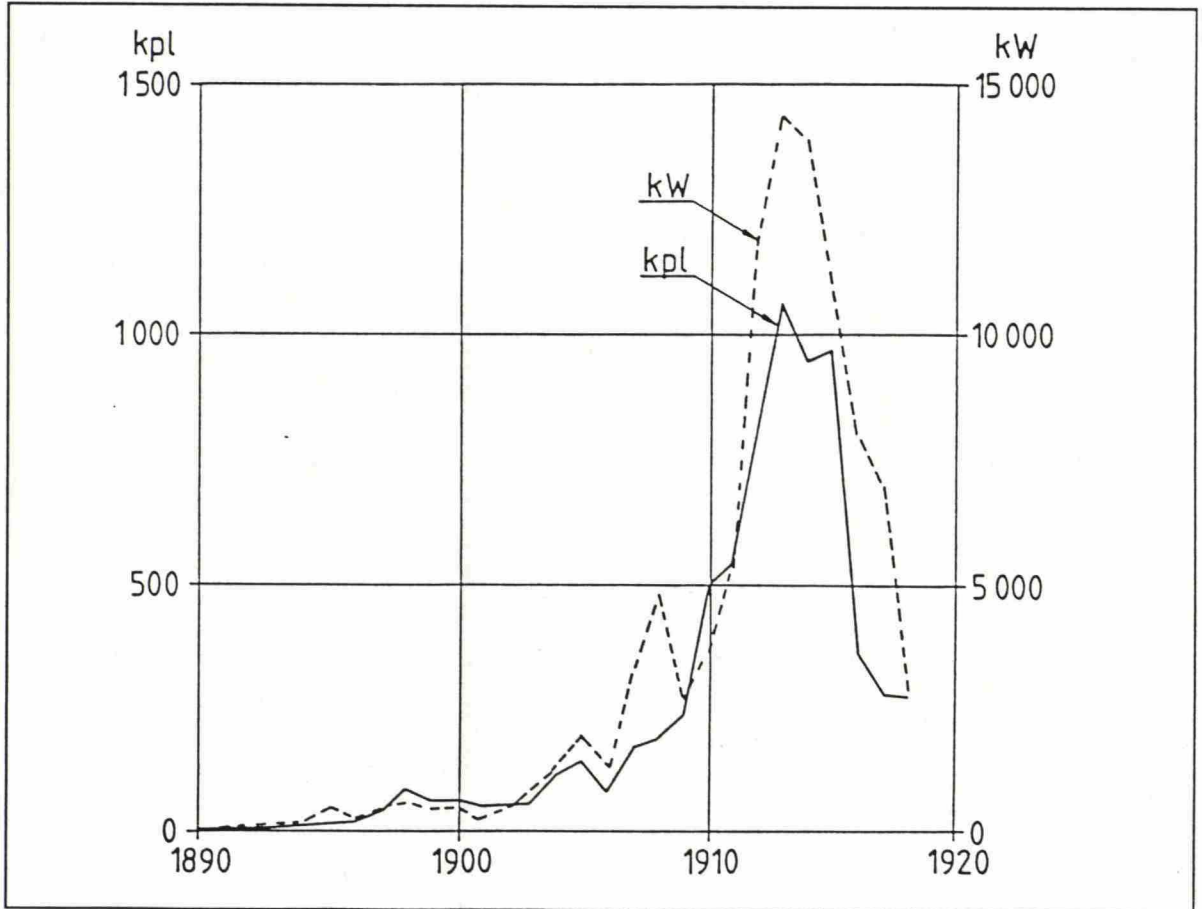
⁶⁵ ibid, 99-102

⁶⁶ Myllyntaus 1991, 187

3. Tekniikan asiantuntijat, jotka osasivat asentaa ja käyttää sähkölaitteita.

Suomessa oli 1800-luvulla vain muutama sähköalan edelläkävijä, joka pystyi hallitsemaan kaikki kolme osa-aluetta, mutta jotkut heistä hallitsivat yhden tai kaksi. Esimerkkinä mainittakoon Fritz Wilén, joka toimi ennen kaikkea sähköistyksen esitaistelijana. Toimittajana ja poliitikkona hänellä oli välineet vaikuttaa maan hallituksen edustajiin ja yleiseen mielipiteeseen. Uusia visioita esittelemällä Wilén loi perustan uuden teknologian omaksumiselle ja kotimaisille sovelluksille. Samalla hän vaikutti uusien innovaatioiden siirtoon maahamme. Muita alan pioneereja olivat professori Karl Lemström, insinöörit Martin Wetzler, Daniel Wadén, Carl Samuel von Nottbeck ja Axel Gottfrid Strömberg. Viimeksi mainittu oli lopulta liikemiestaidoiltaan joukon menestyksekkäin.⁶⁷

Kuva 3.2: Aktiebolaget Gottfr. Strömberg Osakeyhtiön valmistamien sähkökoneiden lukumäärä ja yhteenlaskettu teho 1889-1918



Lähde: Eriksson 1993, 66

⁶⁷ ibid, 24, 32, 34, 36

Tuontilaitteet tulivat Suomen markkinoille 1880-luvulla ja kotimainen tuotanto alkoi jo saman vuosikymmen lopulla. Merkittäviä valmistajia olivat mm. Paul Wahl & Co ja Strömberg. Kotimaisten tuotteiden kysyntä kasvoi ulkomaisia laitteita nopeammin ja peräti puolet kokonaistarjonnasta oli kotimaisten valmistajien hallussa vielä 1890-luvun alkupuolella. Vaikeuksista huolimassa ulkomaisista malleista pystyttiin Suomessa soveltamaan maamme olosuhteita vastaavat laitteet ja tekniset ratkaisut.⁶⁸

Sähkötoimialan kansainvälistyminen alkoi 1910-luvulla. Tuonti lisääntyi ja kotimainen sähkölaiteteollisuus koki sen seurauksena suuria vastoinkäymisiä. Saksalaiset valmistajat valtasivat markkinoita vaihtovirtatekniikan osaamisellaan, joka korvasi siihen saakka markkinoita hallinneen tasavirtatekniikan. 1900-luvulle tultaessa saksalaisten markkinaosuus nousi Suomessa sähkölaitteiden osalta 38 prosentista 66 prosenttiin. Saksan ohella tärkeiksi tuontimaiksi nousivat Ruotsi ja Iso Britannia. Ulkomaisten yritysten johtoasema kotimarkkinoilla säilyi aina vuoteen 1913 saakka. Ensimmäisen maailmansodan seurauksena tuonti kuitenkin keskeytyi ja kotimainen tuotanto alkoi vähitellen elpyä.⁶⁹

Yhteenvetona voidaan sanoa, että sähkön aikakauden alkuvaiheessa Suomessa oli tyypillistä yleisten teknologian siirtoväylien käyttö, eli vastaanottajan aktiivinen teknologian siirto. Ulkomaisten koneiden ja laitteiden jäljittely, ulkomaisten asiantuntijoiden käyttö ja opiskelu ulkomaisissa korkeakouluissa olivat ehkä merkittävimpiä siirtoväyliä. Keskeisessä roolissa olivat yksittäiset Suomen kansalaiset, joiden henkilökohtainen kiinnostus uutta teknologiaa kohtaan sai paljon aikaan pienen kansakunnan sisällä. Energiahuollon rakentamisessa ja ulkomaisen energiateknologian soveltamisessa kotimaisiin olosuhteisiin tuottivat vaikeuksia maamme hankalat ilmasto-olosuhteet ja pitkät etäisyydet. Päämääränä oli teknologian osalta kilpailukyvyyn saavuttaminen ja sen säilyttäminen ensisijassa kotimarkkinoilla. Vienti oli vasta kaukainen haave.

3.3 Vesivoiman valtakausi

Sähköä tuotettiin vuosisadan vaihteeseen saakka useammin höyrykoneella kuin vesivoimalla. Vielä 1900-luvun alkupuolella vesivoiman käyttö energiahuollossa rajoittui lähinnä paikallisten tarpeiden tyydyttämiseen. Suurvoimalaitosten ja laajan sähköverkoston rakentamiseen ei ollut maassamme riittävää pääomaa tai tekniikan osaamista, muttei

⁶⁸ *ibid*, 193

⁶⁹ Rouvinen 1994, 52-53

myöskään pakottavaa tarvetta.⁷⁰ Ensimmäinen maailmansota merkitsi monessa mielessä sähkön läpimurtoa Suomessa. Silloin koettu energiapula loi edellytykset vesivoiman laajemmalle rakentamiselle sekä vaatimuksille maaseudun sähköistämisestä.⁷¹ Vesivoiman tuottamista suuremmissa yksiköissä vauhditti myös maamme teollistumiskehitys, vesivoimalaitosten ja patorakentamisen teknologinen kehitys sekä sähkön käytön yleistyminen.⁷² Sähköä käytettiin tuolloin valaistuksen lisäksi jo teollisuuden prosesseissa ja laajenevasti myös kotitalouksissa. Näistä syistä sähköenergian tuotanto yli kaksikymmenkertaistui sotien välisenä aikana.⁷³

3.3.1 Vesivoiman rakentaminen ja suurvoimansiirron kehitys

Imatran kosken rakentamissuunnitelmat käynnistyivät koskivoimakomitean selvitystyön seurauksena ja päätös voimalaitoksen rakentamisesta tehtiin vuoden 1920 valtiopäivillä. Voimalaitoksen rakentamista perusteltiin mm. sähkön hinnan laskulla ja sen uusia tuotantomahdollisuuksia, taloudellista kilpailukykyä sekä yleistä hyvinvointia edistävällä vaikutuksella. Imatran voimalaitoksen rakentamisella valtio katsoi myös voivansa estää sähkövoiman tuotannon joutumisen yksityisten suuryritysten monopoliksi. Lisäksi valtion voimantuotannon oletettiin lisäävän tasa-arvoa sekä suur- että pientuottajien välillä kuten myös yksityisten kuluttajien keskuudessa.⁷⁴

Imatran voimalaitoshanke oli valtion siihenastisista vesivoimalaitoshankkeista ylivoimaisesti suurin; maamme sähköntuotantokapasiteetti oli tuolloin kokonaisuudessaan 138 MW ja suunniteltu Imatran kapasiteetti oli peräti 150 MW. Sähkön tuotannossa oletettiin luotavan ylikapasiteettia, mutta teollisuuden samoihin aikoihin tapahtunut sähköistyskehitys lisäsi nopeasti sähkön käyttöä ja vuosien 1930 - 1938 aikana käyttö kolminkertaistui. Sähkönkulutus oli 1930-luvun alussa vuosittain noin 1 TWh, energian kokonaiskulutuksen ollessa 44 TWh. Asukasta kohden laskettuna sähkönkulutus oli vuosittain noin 300 kWh, eli hieman enemmän kuin keskimääräinen taso kehitysmaissa nykyisin.⁷⁵

⁷⁰ Auer & Teerimäki 1982, 11 - 13

⁷¹ Karjalainen 1989, 120-121, 123

⁷² Myllyntaus 1991, 84

⁷³ Karjalainen 1989, 145

⁷⁴ *ibid*, 146, 155-156

⁷⁵ Karjalainen 1989, 148; Nevanlinna 1993, 47; Myllyntaus 1991, 83

Voimalaitoksen rakentaminen edellytti suuren siirtokyvyn omaavien voimajohtojen rakentamista Imatralta Etelä-Suomen kulutuskeskuksiin. Siirtojännitteeksi valittiin 110 kV, joka jo oli käytössä Ruotsissa. Imatran voimansiirto oli voimakas alku kantaverkon synnylle maahamme; jo 1930-luvun aikana verkkoa laajennettiin Tampereelle ja joihinkin Etelä- ja Keski-Suomen tärkeisiin teollisuuskaupunkeihin.⁷⁶ Yksityiset sähköntuottajat rakensivat oman, IVO:n kantaverkosta irrallisen siirtoverkostonsa, eikä ajatus valtakunnallisesta sähkönsiirtojärjestelmästä siten toteutunut vielä maailmansotien välisenä aikana.⁷⁷

Voimansiirtoverkon laajennukset keskeytyivät toisen maailmansodan seurauksena useaksi vuodeksi ja maan voimatalous kärsi pahan takaiskun. Sähkönkulutus laski 1940 - 41 noin puoleen sotaa edeltäneestä tasosta ja rauhanteon yhteydessä Suomi menetti noin kolmanneksen rakennetusta vesivoimastaan. Maa joutui sähköpulan kouriin kun teollisuus oli sodan jälkeen nopeasti saatava käyntiin mm. sotakorvausten toimittamiseksi. Lakeja säättämällä mahdollistettiin väliaikaisten lupien myöntäminen mm. vesivoimalaitosten rakentamiseksi.⁷⁸

Vesivoiman hyödyntäminen sai lisää kannatusta ja sodan jälkeen alettiin rakentaa Pohjois-Suomen vesivoimaa. Siirtoetäisyydet ja siirrettävät tehot kasvoivat, joten 110 kV:n jännitteestä oli siirryttävä 220 kV:n jännitteeseen. Ensimmäinen 220 kV:n johto valmistui 1949. Puunjalostusyhtiöiden omistaman Pohjolan Voima Oy:n ryhtyessä rakentamaan Kemijokea oli siirtokykyä Pohjois-Suomesta Etelä-Suomeen edelleen lisättävä. Ensimmäinen 400 kV johto valmistui 1956 Kemijoelta Alajärvelle ja se oli valmistuessaan ensimmäisiä 400 kV johtoja koko maailmassa. Tästä sai alkunsa 400/220 kV runkoverkko Pohjois- ja Etelä-Suomen välillä. Kehitysvaihe oli merkitykseltään ja mittasuhteiltaan saman veroinen kuin Imatran voimalaitoksen voimansiirto omana aikanaan. Ahvenanmaata ja Pohjois-Lappia lukuun ottamatta kaikki voimalaitokset ja kuluttajat oli liitetty samaan kantaverkkoon 1950-luvun alkupuolella.⁷⁹

1950-luvulla alkanut vesivoiman rakennusboomi oli luonteva jatko sotaa edeltäneelle kehitykselle. Sodan jälkeisissä olosuhteissa nousivat voimalaitosrakentamisessa kuitenkin jälleen esiin sekä riittämättömiin pääomiin että materiaaleihin ja koneistoihin liittyvät ongelmat. Lisäksi ongelmia näytti aluksi tuottaneen voimalaitosalan asiantuntijoiden

⁷⁶ Mäkelä & Simola 1993, 102

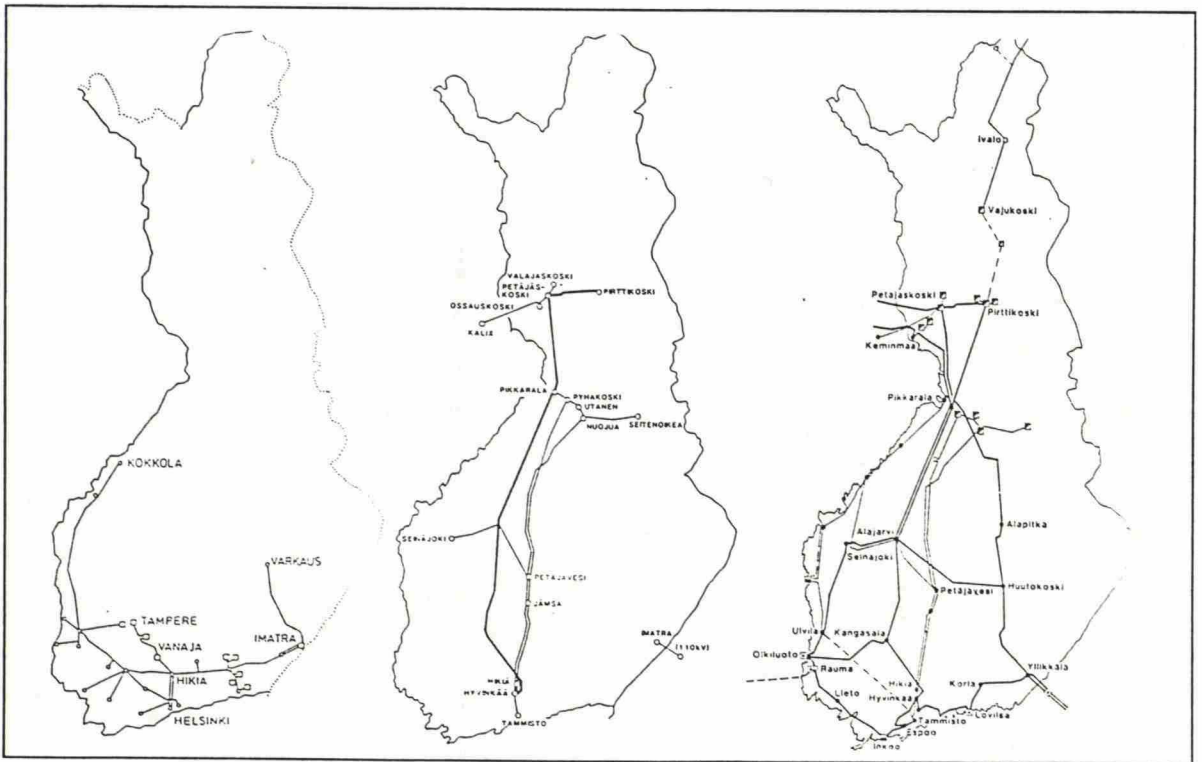
⁷⁷ Karjalainen 1989, 157

⁷⁸ *ibid*, 207, 211

⁷⁹ Mäkelä & Simola 1993, 103

puute. Näissä olosuhteissa korostui tarve eri tahojen väliseen yhteistoimintaan sekä vesivoimalaitosten että sähkön siirto- ja jakelujärjestelmien rakentamisen suhteen. Niukkoja resursseja haluttiin käyttää optimaalisesti niin energian tuottajien kuin käyttäjienkin edut huomioon ottaen. Voimalaitosyhtiöille oli edullista pitää pysyvä rakennuskapasiteettinsa jatkuvassa käytössä ja teollisuus hyötyi tuotannon ylikapasiteetista sähkön hinnan laskiessa. Valtionyhtiöille jäi vastuu siirtoverkoston rakentamisesta osin sen vaatimien suurien investointipanosten vuoksi. Tämä loi vahvan perustan julkisen sektorin myöhemmin hyvin keskeiselle asemalle maan sähköhuollossa.⁸⁰

Kuva 3.3: Suomen kantaverkon laajuus 1940, 1960 ja 1990



Lähde: IVS/Lohikoski, 1995

Vesivoiman kannattava rakentaminen läheni loppuaan 1960-luvulla. Mm. tästä johtuen valtio joutui luopumaan siihen saakka voimallisesti harjoittamastaan taloudellisesta nationalismista ja pyrkimyksestä omavaraisuuteen. Polttoaineiden tuonti kasvoi ja energiatalouden omavaraisuus laski mutta samalla luotiin ulkomaisille energiaraaka-aineille kotimaista jalostuskapasiteettia. Raaka-aineita tuottavasta ja vievästä maasta alkoi kehitys maaksi, joka toi raaka-aineita, jalosti ne ja muunsi niiden avulla muita raaka-aineita loppu-tuotteiksi myös vientiin. Kokonaisuutena säännöstelyn purkaminen eräiden muiden toimien ohella merkitsi verrattain puhdasta deregulaatiota, vaikka sen toimeenpano ei tapahtunut-

⁸⁰ Karjalainen 1989, 217 - 218, 221 - 222

kaan täysin kivuttomasti. Ajanjaksoa 1957 -1966 voidaankin pitää eräänlaisena siirtymä-kautena, jolloin Suomessa siirryttiin suljetusta energiataloudesta avoimeen talousmalliin.⁸¹

3.3.2 Vesivoimateknologia

Vesivoima on ollut Suomessa käytössä jo kauan ennen kuin varsinainen vesivoimakausi sähköntuotannossa alkoi. Vuosisatojen ajan mm. sahojen voimanlähteenä käytettiin vesimyllyä. 1880-luvulla vesimyllyjen määrä alkoi laskea voimakkaasti ja tilalle tulivat ulkomaiset voimakoneet, joiden hallitsevaksi voimakonetyypiksi nousi vesiturbiini. Suomessa sittemmin valmistetut turbiinit perustuvat pääasiassa ulkomailla kehitettyihin tunnettuihin turbiinityyppeihin. Patentteja on maassamme jonkin verran mutta todella merkittäviä keksintöjä ei juurikaan ole tehty. Uusien vesiturbiinityyppien käyttöönotto on yleisesti seurannut eurooppalaista kehitystä.⁸² Nykyisin vesiturbiineja valmistetaan pääasiassa vientiin, sillä 1960-luvulta lähtien on rakennettu vain muutamia pieniä vesivoimalaitoksia.

*Vesiturbiinit*⁸³

Suomen ensimmäiset vesiturbiinit valmisti Fiskars jo 1847. Muut sen aikaiset kotimaiset valmistajat seurasivat esimerkkiä 1850-luvulla. Turbiinien mallit olivat skotlantilaista alkuperää ja suunnittelijoina toimivat useimmiten ulkomaiset, lähinnä Keski-Euroopasta kotoisin olevat asiantuntijat. Suurin osa käytössä olleista vesiturbiineista oli kotimaassa valmistettuja aina 1870-luvulle saakka. 1890-luvulle tultaessa suomalaisten konepajojen kilpailukyky heikkeni, sillä amerikkalaistyyppinen Francis-turbiini alkoi tuolloin syrjäyttää Suomessa valmistettuja vanhempia eurooppalaistyyppisiä turbiineja. Kouluista, kirjallisuudesta, teknisen alan lehdistä sekä aikaisemmasta kokemuksesta hankitulla tiedolla suomalaisten konepajojen oli mahdollista suunnitella ja valmistaa ainoastaan vanhempia ja vähemmän tehokkaita malleja. Resurssit nopean kehityksen vaatimaan tutkimus ja kehitystyoimintaan puuttuivat. Kilpailu alalla koveni ja suuret sellu- ja paperitehtaat toivat lisääntyvässä määrin isot vesiturbiininsa ulkomailta.⁸⁴ Suomalaiset sinnittelivät markkinoilla keskittämällä tuotantonsa pienten ja keskisuurten vesiturbiinien valmistukseen mm. maaseudun sähköjakeluasemia silmällä pitäen. Pysyäkseen mukana teknologisessa

⁸¹ *ibid*, 310-311

⁸² Keskinen 1993, 103

⁸³ Luvun sisältö perustuu pääosiltaan lähteeseen Keskinen 1988

⁸⁴ Keskinen 1993, 99; Myllyntaus 1991, 173, 174

kehityksessä konepajat ostivat ulkomaisia lisenssejä sekä muuta teknologista taitotietoa.⁸⁵ Konepajojen asiantuntijakanta alkoi sitä vastoin suomalaistaa sitä mukaa, kun alunperin yrityksiin palkatut ulkomaalaissyntyiset suunnittelijat siirtyivät eläkkeelle.

Tutkimus ja kehitystoimintaan tarvittavien resurssien puute sai Tampellan, Suomen suurimman vesiturbiinien valmistajan, tekemään yhteistyösopimuksen johtavan ruotsalaisen valmistajan, AB Karlstad Mekaniska Werkstadin (KMW) kanssa 1913. Onnistuneet T&K -yhteistyön myötä Tampellan vesiturbiinien kierrosnopeus kolme ja puolikertaistui vuosien 1887-1917 välillä ja kehitys kohti kansainvälisiä laatustandardeja varmistui. Toinen kotimainen menestyvä vesiturbiinien valmistaja vuosisadan alkupuolella oli 1904 perustettu Onkilahti. Yritys aloitti tuotantonsa jäljittelemällä Francis turbiinin menestyksestä amerikkalaisversiota. Pystyäkseen valmistamaan yli 500 kW turbiineja Onkilahti teki lisäksi yhteistyösopimuksen ruotsalaisen konepajan Nyquist & Holm Ab:n (Nohab) kanssa 1928.⁸⁶

Kotimaaisessa turbiinituotannossa tapahtui käänne ensimmäisen maailmansodan sytyttyä, kun sekä saksalaisten että amerikkalaisten turbiinien maahantuonti tyrehtyi täysin. Kotimaisten turbiinien kysyntä pienissä ja keskisuurissa vesivoimalaitoksissa kasvoi ja konepajat saavuttivat entisen asemansa kotimarkkinoilla ja säilyttivät sen koko sotien välisen ajanjakson ajan. Markkinoiden johtava turbiinityyppi oli Francis-vesiturbiini aina 1920-luvun lopulle saakka. Itävallassa patentoidusta Kaplan-merkkisestä vesiturbiinista tuli kuitenkin vakava kilpailija turbiinityypille. Mm. Tampella osti Kaplanin lisenssin ruotsalaisen yhteistyökumppaninsa KMW:n kautta 1923. Uuden tyyppin ominaisuudet vastasivat paremmin voimantuotannon kasvaviin vaatimuksiin ja sopivat Suomen keskisuurten ja suurten koskien mataliin putouskorkeuksiin huomattavasti paremmin kuin edeltäjänsä. Kaplan nousi suomalaisen vesiturbiiniteollisuuden johtavaksi malliksi 1930-luvun lopulla, jolloin pienten vesiturbiinien valmistus vähitellen hiljeni ja voimavarat keskitettiin suuriin vesivoimalaitoksiin.⁸⁷

Toisen maailmansodan jälkeen kotimaisten turbiinin valmistajien asema kotimaanmarkkinoilla järkkyy pahasti; siihen saakka markkinoita täysin hallinnut Tampella menetti markkinaosuuksiaan ja Onkilahti teki lopulta konkurssin. Suurin syy romahdukseen oli teollisuuden tuotantokapasiteetin valjastaminen sotakorvausten maksamiseksi Neuvostoliitolle. Taustalla oli kuitenkin muitakin syitä, joista merkittävin oli suomalaisten vesivoimaa käyttävien yritysten tyytymättömyys kotimaisten turbiinien tekniseen tasoon.⁸⁸

⁸⁵ Myllyntaus 1991, 174

⁸⁶ *ibid*

⁸⁷ *ibid*, 175

⁸⁸ Myllyntaus 1991, 175-177; Keskinen 1993, 123

Tampella oli monen vuoden ajan valmistanut ruotsalaisen yhteistyökumppaninsa KMW:n suunnittelemaa samoja malleja, jotka olivat vähitellen alkaneet olla vanhanakaisia. Vuosien varrella KMW:n innovatiivisuus oli pahasti heikentynyt ja Tampella ryhtyi etsimään uutta yhteistyökumppania. Yrityksessä alettiin kehittää myös omaa T&K -toimintaa, jonka seurauksena uusi tutkimuslaboratorio valmistui 1954. Yhteistyö KMW:n kanssa päättyi ja Tampellassa siirryttiin lisenssityöstä omiin konstruktioihin. Yrityksessä alkoi itsenäinen suunnittelu- ja tuotantotoiminta, jonka seurauksena maassamme valmistettujen turbiinien rakenne uudistui ratkaisevasti.⁸⁹

Taulukko 3.2: Vesiturbiinien nettotarjonta Suomessa 1847-1975

	1847 - 95		1896 - 1912		1913 - 55		1956 - 75		1847 - 75	
	No.	MW	No.	MW	No.	MW	No.	MW	No.	MW
A. Tampellan tuotantoa	150	6	200	14	1645	1520	105	1270	2100	2810
B. Muiden konepajojen tuotantoa	375	7	570	12	400	20	0	0	1345	39
C. Kokonais-tuotanto Suomessa	525	13	770	26	2045	1540	105	1270	3445	2849
D. Vienti	9	0	2	0	140	315	17	125	168	440
E. Tuonti	350	16	420	40	105	240	36	175	911	471
F. Nettotarjonta (C - D+E)	886	29	1188	66	2010	1465	124	1320	4188	2880
G. Omavaraisuus-aste (100 x C/F)		45%		39%		105%		96%		99%

Lähde: Myllyntaus 1991, 176

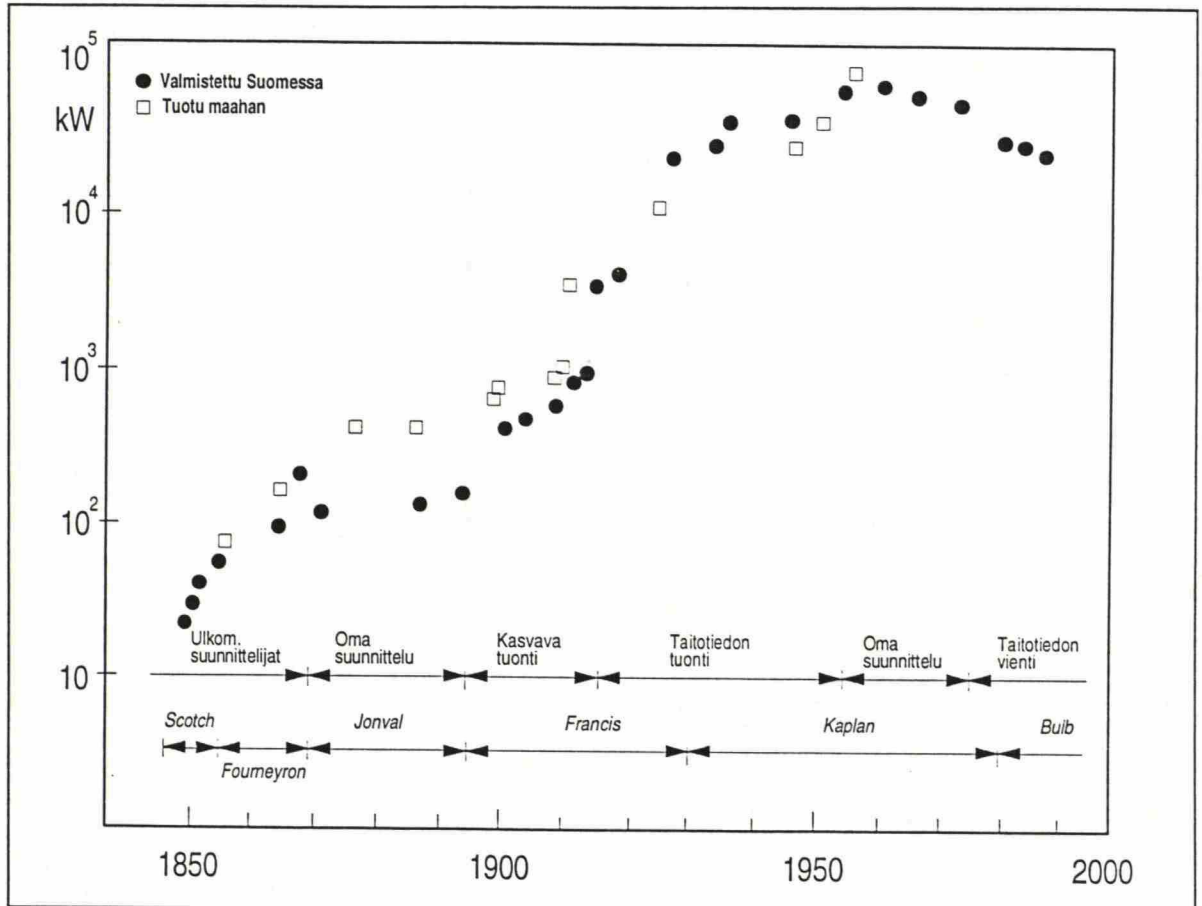
Kaiken kaikkiaan 1944-52 seuranneet valtavat sotakorvaukset kasvattivat lopulta maamme metalliteollisuuden kapasiteettia, kehittivät sen suunnittelutoimintaa ja seurauksena oli yleisestikin ottaen siirtyminen lisenssien käytöstä itsenäiseen suunnitteluun. Kotimaiset vesiturbiinit ylsivätkin 1950-luvulla johtavaan asemaan kotimarkkinoilla ja tuolloin saavutettiin myös turbiininvalmistuksen kansainväliset laatustandardit. Kun Suomen vienti oli aikaisemmin suuntautunut lähinnä Venäjälle ja Balttiaan avautuivat vientimarkkinat nyt uudella tavalla. Vuosien 1950 ja 1965 välillä Suomesta vietiin turbiineja Espanjaan, Puolaan, Turkkiin, Islantiin, Norjaan ja Ruotsiin.⁹⁰ Vesivoimakoneiden valmistuksen tulevaisuus näytti kaikesta huolimatta 1960-luvulla melko synkältä, sillä vesivoiman rakentaminen väheni tuolloin jyrkästi monissa maissa mm. halvan öljyn, ydin-

⁸⁹ ibid

⁹⁰ Myllyntaus 1991, 175- 177; Keskinen 1993, 127

voiman ja ympäristötekijöiden seurauksena. Suomalaiset yritykset olivat hyvin pessimistisiä vesivoimarakentamisen tulevaisuuden suhteen ja 1960-luvun puolivälissä mm. Strömberg Oy päätti lopettaa generaattorien valmistuksen vesivoimalaitoksiin ja Tampella lopetti vesiturbiinien valmistuksen.

Kuva 3.4: Suomessa käytettyjen vesiturbiinien yhteenlaskettu teho teknologian siirron eri vaiheissa ja hallitsevat vesiturbiinityypit



Lähde: Keskinen 1988, 17

Öljykriisin myötä vesivoiman käyttö elpyi ja alan näkymät paranivat. Strömberg ja Tampella aloittivat uudelleen valmistuksen ja koneita myytiin uusiin vesivoimalaitoksiin sekä kotimaan- että ulkomaanmarkkinoille. Samoihin aikoihin käynnistyi myös vanhojen voimalaitoskoneistojen uusiminen tehokkaammilla koneilla.⁹¹ Vienti suuntautui yhä enemmän vaativille länsimarkkinoille. 1966-85 Tampella vei yhteensä 18 vesiturbiinia Ruotsiin ja Norjaan, joista kumpikin oli aikaisemmin toiminut Suomen suuntaan teknologian luovuttajina tuomalla maahamme sekä turbiineja että niihin liittyvää taitotietoa. Voidaankin sanoa että tänä ajanjaksona, 1975 lähtien, alkoi turbiiniteknologian siirto Suomesta muihin

⁹¹ Myllyntaus 1991, 177

maihin. Nykyisin vesivoimarakentamista harjoitetaan useimmiten pienessä mittakaavassa hajautetun sähköntuotannon tarpeisiin. Tarkoitukseen soveltuvia vesiturbiineja ja niiden osia valmistaa Suomessa kolme yritystä; Ata, Kvaerner Tamturbine ja Waterpumps.

Tampellan kansainvälistymisen aktiivisin vaihe oli vuoden 1980 tienoilla, jolloin yritys osti tunnetun amerikkalaisen turbiinin valmistajan, The James Leffel & Co:n. Toinen askel kohti kansainvälistymistä oli tytäryrityksen perustaminen ruotsalaisen Bofors Ab:n kanssa. Nämä liiketoiminnot osoittautuivat kuitenkin kannattamattomiksi ja kummankin toiminta lopetettiin melko pian. Myöhemmin 1980-luvulla Tampellan taitotietoa on kuitenkin käytetty yhteistyöyrityksissä useiden valmistajien kanssa Espanjassa, Intiassa, USA:ssa, jne.⁹²

3.3.3 Suurvoiman siirron teknologia

Sähkölaiteteollisuuden kotimainen tarjonta kasvoi vauhdilla sotien välisenä aikana. Tuotanto monipuolistui ja sen kilpailukyky parani. Esimerkkinä mainittakoon, että Pohjoismaiden keskuudessa sotien jälkeinen Suomi toimi pioneerinä tuodessaan markkinoille uusia kaapelityyppejä, kuten alumiinikaapelit ja riippukierrehjohton. Viimeksimainittu oli osaksi suomalaisen T&K -työn saavutuksia.⁹³ Myönteisen kehityksen jatkumista tuki toisen maailmansodan ja sen jälkeisten jälleenrakennusvuosien aikana valtion harjoittama tiukka ulkomaankaupan säätely. Kotimaiset laitevalmistajat hyötyivät tuonninrajoituksista ja kasvava kysyntä loi hyvän pohjan tuontia korvaavan teollisuuden kehitykselle. Kotimainen sähkölaiteteollisuus kehittyi suhteellisen nopeasti sekä teknisesti että taloudellisesti. Ensimmäisen kerran tällä vuosisadalla alan kotimaisen tuotannon arvo ylitti tuonnin arvon 1940, josta sen osuus vielä kasvoi. Tuonti vapautui jälleen 1950-luvun lopulla ja samoihin aikoihin markka devalvoitiin. Sähkölaiteteollisuus selviytyi, sillä vaikka kotimainen tuotanto kasvoi hieman hitaammin kuin tuonti, viennin arvo kasvoi poikkeuksellisen nopeasti 1950-luvun lopulta 1970-luvulle tultaessa. Tämä heijasti osaltaan Suomen sähkölaiteteollisuuden parissa tapahtunutta teknologista kehitystä sekä osaamisen korkeaa tasoa.⁹⁴

Yksi maamme menestyksekkäimmistä sähkölaiteteollisuuden aloista on ollut kaapeliteollisuus. Dynaaminen ja laatutietoinen kotimainen kuluttajakunta, lähinnä puu- ja metalliteollisuus edisti kaapelialan kehitystä ja alan kotimaista teknologiaosaamista pidettiin 1930-luvun lopulta lähtien hyvänä. 1943 saakka kaapelit valmistettiin tuontiraaka-aineesta mutta siitä eteenpäin suomalainen kaivosyritys Outokumpu Oy pystyi toimittamaan kaiken

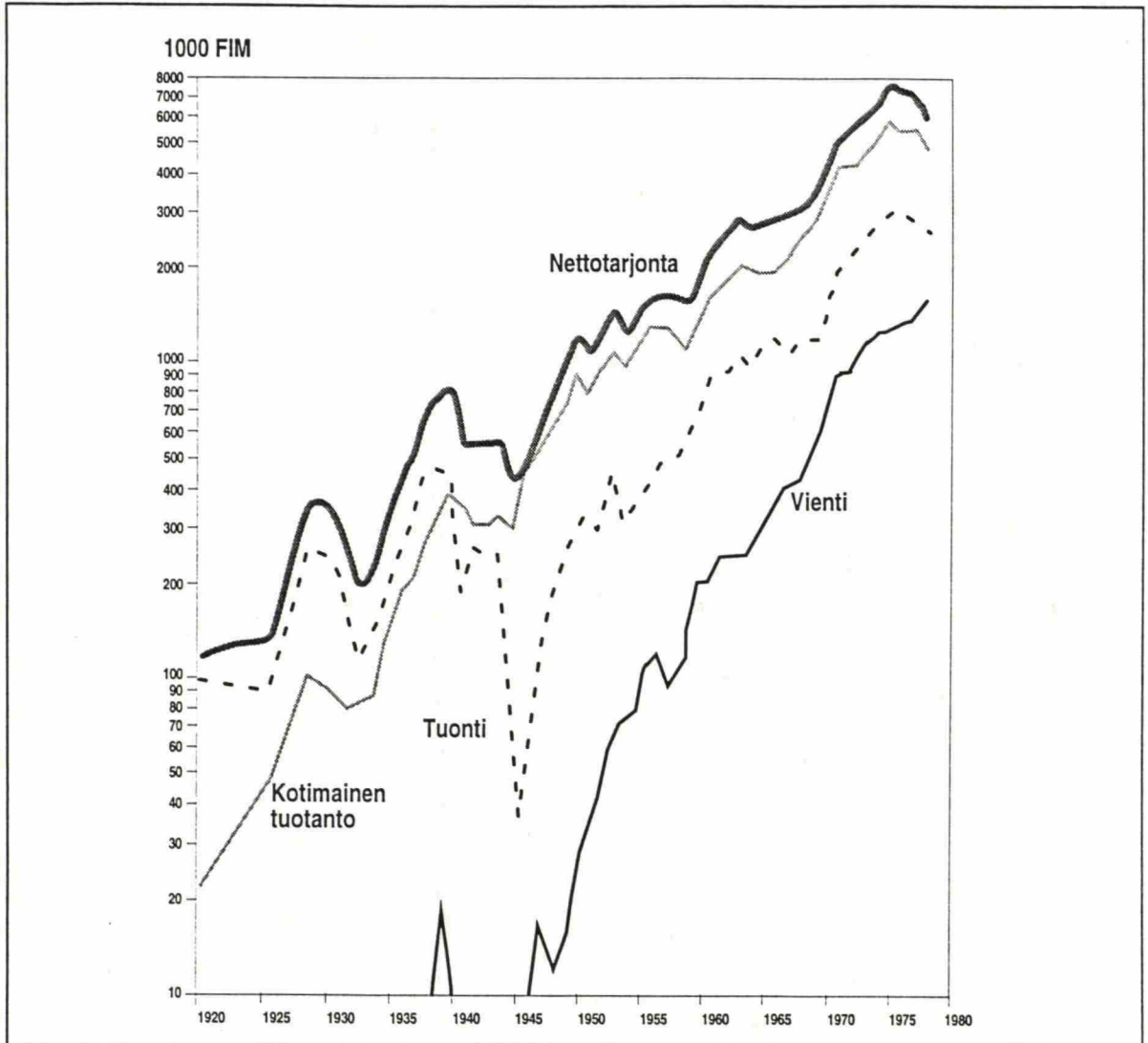
⁹² Rouvinen 1994, 51

⁹³ ibid, 52-53

⁹⁴ Myllyntaus 1991, 190-193

valmistuksessa käytetyn kuparin ja tuotannon kotimaisuusaste kasvoi tuntuvasti.⁹⁵

Kuva 3.5: Sähkölaitteiden tarjonta Suomessa 1920-77 (1913 hinnoin)



Lähde: Myllyntaus 1991, 192

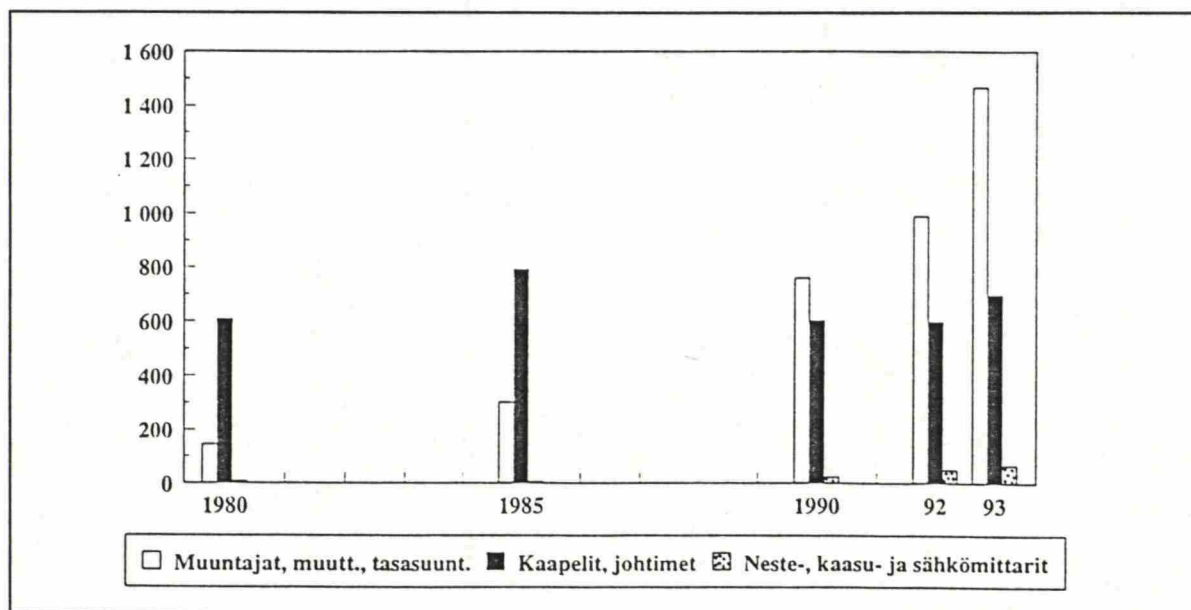
Maamme ensimmäinen kaapelitehdas oli Suomen Kaapelitehdas Oy, joka perustettiin 1912. Sen tuotanto keskittyi tuontia korvaavaan teollisuustuotantoon. Monien vaikeuksien jälkeen yrityksen onnistui saavuttaa kotimarkkinoilla johtava asema ja 1930-luvun lopulla Suomen Kaapelitehdas vastasi 80-85 prosentista maamme kaapelitarpeesta ja lisäksi sen vienti ylsi merkittäviin mittasuhteisiin. Kohdemaita olivat lähinnä Viro, Hollanti ja Ruotsi. Yritykselle tarjoutui mahdollisuus kasvattaa tuotantokapasiteettiaan toisen maailmansodan jälkeen, kun se otti osaa sotakorvausten toimittamiseen Neuvostoliitolle. Kun nämä toimitukset 1948 loppuivat ylitti yrityksen kapasiteetti reilusti kotimaisen kysynnän ja kaapelin vienti alkoi uudelleen. Suurin ostaja oli tuolloinkin Neuvostoliitto. 50 vuodessa yrityksestä oli kasvanut kansainvälisestäkin vertailtuna suuryritys. 1964 yrityksen myynti kohosi 150 miljoonaan markkaan, josta viennin osuus oli 35 prosenttia. Samana vuonna perustettiin ensimmäinen ulkomainen tytäryritys Turkkiin. Tärkeitä vientimaita Neuvostoliiton ohella

⁹⁵ *ibid*, 197

olivat kehitysmaat, kuten Intia, Kolumbia ja Irak.⁹⁶ 1967 Suomen Kaapelitehdas yhdessä Suomen Kumitehtaan kanssa sulautettiin metsäteollisuutta harjoittavaan Nokia Osakeyhtiöön. Nykyisin Nokia on maailman 14. suurin kaapelin valmistaja ja sijoittuu kooltaan keskiryhmään.⁹⁷

Sähkölaiteteollisuuden teknologisen pohjan ja kilpailukyvyn kehitykselle on ollut edullista, että Suomi on ollut poliittisesti riippumaton. Teollisuudenala ei ole saanut suoraa tukea valtiolta eikä kunnilta, mutta valtion pitkään harjoittama taloudellinen nationalismi edesauttoi alan menestymistä kotimarkkinoilla. Lisähyötyä on saatu myös käytyjen kahden maailmansodan seurauksista, sillä niillä oli tuontipaineita vähentävä vaikutus ja niiden ansiosta laitevalmistajat saivat mahdollisuuden parantaa kotimarkkina-asemiaan. Kotimaan vaikeat olosuhteet, kuten pitkät siirtoetäisyydet ja ankara talvi aiheuttivat tarpeen häviöiden ja häiriöiden tehokkaaseen minimointiin ja auttoivat siten sähkönjakelun laitteita valmistavaa teollisuuttamme kehittämään kansainvälisesti vertailukelpoisia, luotettavia tuotteita.. Vuosien varrella Suomesta ei ole kehittynyt sähkötekniikan alalla pikkujättiläistä, kuten esimerkiksi Ruotsista. On kuitenkin osoitettavissa, että ulkoisista paineista huolimatta Suomen sähkölaiteteollisuus on säilynyt elinvoimaisena ja itsenäisenä kansainvälisten suuryritysten joukossa.⁹⁸

Kuva 3.6: Eräiden sähkönsiirron ja jakelun laitteiden viennin arvo (mmk)



Lähde: Rouvinen 1994, 52

⁹⁶ ibid

⁹⁷ Rouvinen 1994, 58-59

⁹⁸ ibid, 53, 56

Yhteenvetona voidaan sanoa, että vesivoiman valtakaudella teknologian siirron väylät ja mallit alkoivat muuttua aikaisempaan nähden kontrolloidumpaan suuntaan. Yleisesti käytettyjä siirron väyliä olivat lisenssi- ja yhteistyösopimukset ulkomaisten valmistajien kanssa. Vaikka yksilöiden asema energiateknologian siirrossa oli vielä jakson alkuvaiheessa merkittävä siirtyi vastuu energia-alan suurhankkeiden yhteydessä suuremmille yksiköille. Suurhankkeet tiivistivät alan kotimaisten toimijoiden yhteistyötä, ja nopeuttivat luultavasti energiateknologian siirtoa maahamme. Talouskasvun myötä teknologinen muutos oli välttämätön, sillä maamme perusteellisuuden, metsä- ja metalliteollisuuden tuotannon kasvaessa tarvittiin lisää energiaa ja siten myös isompia ja tehokkaampia koneita energian tuotantoon. Vesivoiman valtakauden lopulla alettiin saavuttaa menestystä kotimaisen tutkimus- ja kehitystyön piirissä. Tämän seurauksena vienti alkoi vähitellen kasvaa ja kohdistua yhä enemmän aikaisemmin Suomeen nähden teknologian luovuttajina toimineisiin maihin.

3.4 Öljyn läpimurto ja lämpövoiman kehitys

Öljyn laajamittaisempi käyttö energiasektorilla alkoi 1950-luvulla, kun halvan öljyn massatuotanto Lähi-Idässä alkoi. Suomessa öljynjalostus muodostettiin kansalliselle pohjalle, jonka johdosta perustettiin 1948 valtionyhtiö Neste Oy. Ensimmäinen öljynjalostamo rakennettiin Naantaliin ja se valmistui 1956. Seuraavat jalostamot valmistuivat 1966 ja 1974. Tuonti tehtiin Suomessa alusta alkaen lisenssipakon alaiseksi ja lisenssit myönnettiin ainoastaan Nesteelle sekä silloin omistuspohjaltaan neuvostoliittolaiselle yhtiölle Teboi- lille. Näin tuonti ohjautui pääasiassa Neuvostoliittoon ja siitä muodostui vähitellen idän- kauppamme kulmakivi. Samalla pystyttiin kuitenkin kotimaassa kehittämään öljynjalostus- teollisuutta ja siihen liittyvää kemianteollisuutta kansalliseksi voimavaraksi. Kansainvälises- ti katsottuna Suomessa saatiin aikaan hyvin poikkeuksellinen sopimus kansainvälisten öljy-yhtiöiden, Esson ja Shellin kanssa. Öljy-yhtiöt suostuivat myymään neuvostoliittolaista öljyä suomalaisen yhtiön jalostamana.⁹⁹

Öljyn alhainen hinta ja sähkön tarpeen kasvu kiihdyttivät 1960-luvulla metsäteollisuuden lämpövoimarakentamista. Mahdollisuuksien mukaan pyrittiin keskittymään vastapaine- voimalaitosten rakentamiseen.¹⁰⁰ Vastapainevoiman suosio perustui sen suureen tehok- kuuteen sille osittain vaihtoehtoiseen lauhdutusvoimaloihin nähden. Nykyisin hyötysuh- teiden erot ovat jopa 85 % / 38 %. Vastapainevoimalaitoksen polttoaineena voidaan lisäksi

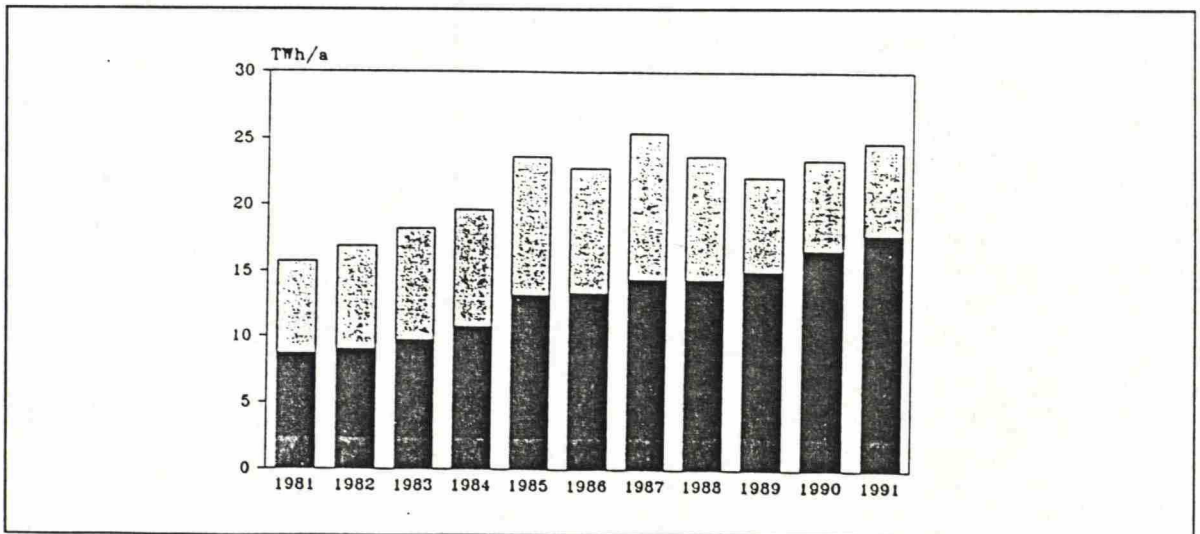
⁹⁹ Nevanlinna 1993, 47

¹⁰⁰ ibid

käyttää jätepuuta, ja mikä tärkeintä, tekniikka mahdollistaa sähkön ja höyryn yhteistuotannon. Vastapainevoimasta saatavaa höyryä käytetään teollisuudessa ja asuinrakennusten kaukolämmön tuotannossa. Sähkön ja rakennusten lämmityslämmön yhteistuotantoa oli ollut Suomessa jo tämän vuosisadan alkupuolella, joskaan kyse ei tuolloin ollut nykyisen kaltaisista vastapainevoimalaitoksista. Vasta 1950-luvulla alkoi tapahtua siirtymistä yksittäisten asuintalojen keskuslämmitysjärjestelmistä suurempia alueita kattavan kaukolämmön käyttöön.¹⁰¹ Nykyisin useissa maamme suuremmissa kaupungeissa on käytössä kaukolämmitysjärjestelmät, jotka vähenevässä määrin käyttävät polttoaineenaan öljyä. Trendi edesauttaa siten Suomen irrottautumista öljyriippuvuudesta.¹⁰²

Vastapainevoiman rakentaminen saavutti sähköntuotannossa vesivoiman 1970-luvun loppupuolella ja Suomesta tuli vastapainetuotannon ja kaukolämmityssähkön johtava maa koko maailmassa. Suomen vastapainevoiman erityisasema korostuu selkeästi verrattaessa sitä tilanteeseen Ruotsissa, jossa puunjalostusteollisuudella on vastaavasti huomattava asema ja ensimmäinen vastapaineturbiini on otettu käyttöön jo 1913. Tärkein syy Ruotsin vähäiseen vastapainevoiman käyttöön ovat oleellisesti suuremmat ja taloudellisesti edullisemmat vesivoimavarat. Tämä seikka sekä siihen perustuvat sähkön hintatariffit ovat tehneet vastapainevoiman Ruotsissa laajalti kannattamattomaksi.¹⁰³

Kuva 3.7: Kaukolämmön tuotanto ja vastapainetuotannon osuus 1981-1991 (vastapainelämpö merkitty tummemmalla)



Lähde: LLY VK 1991, 5

¹⁰¹ Myllyntaus 1991, 85, 123

¹⁰² Nevanlinna 1993, 48

¹⁰³ Huldén 1993, 365

Tulevaisuuden talouskasvu ja sen myötä myös energian kulutuksen kasvu näyttivät 1960-luvulla maassamme niin huimilta, että katseet kohdistettiin aivan uuteen energiamuotoon ydinvoimaan. Sitten ydinvoiman rakentaminen lykkääntyi ja energiantuotantoa varten jouduttiin rakentamaan useita, fossiilisia polttoaineita käyttäviä lauhdutusvoimalaitoksia. Lauhdutusvoimalaitosten käyttö laski vasta 1980-luvun alussa kun ydinvoimalaitokset saatiin käyttöön.¹⁰⁴ Energiantarpeen tyydyttämiseksi jouduttiin maahamme myös tuomaan sähköä Ruotsista ja Neuvostoliitosta. Tuonnin mahdollisti kantaverkon voimakas kehitys, joka oli alkanut Pohjois-Suomen vesivoiman johtamisesta Etelä-Suomeen vuonna 1956.¹⁰⁵

Suomen kantaverkko yhdistettiin yhteispohjoismaiseen kantaverkkoon 1959. Sitten Suomen ja Ruotsin välisiä yhteyksiä on vielä täydennetty kolmella johdolla, joten maiden kesken voidaan vaihtaa suuriakin sähkömääriä. Paikallinen yhteys Neuvostoliiton verkkoon Pohjoismaisesta yhteiskäyttöverkosta valmistui 1961. Laajemmasta sähkön tuonnista sovittiin vuonna 1975 ja sitä seurasi pohjoismaisen yhteiskäyttöverkon ja Neuvostoliiton koko voimajärjestelmän yhteen kytkeminen.¹⁰⁶

Pohjoismaisen yhteistyön muodoista tärkeimpiin kuuluu vuonna 1963 perustettu, viiden pohjoismaan suurimpien voimayhtiöiden välinen Organization for Nordic Electrical Co-operation eli Nordel. Nordelin tarkoitus on edistää sähköntuotannon teknologista ja taloudellista yhteistyötä Pohjoismaiden välillä. Organisaation perustaminen mahdollisti sähkövoiman siirron Tanskan, Suomen, Norjan ja Ruotsin välillä.¹⁰⁷ Yhteistyötä tehdään myös energian kulutuksen rajoittamisen ja jossain määrin myös energiatutkimuksen parissa. Varsinaista tutkimus- ja kehitystoiminnan yhteistyötä ei kuitenkaan Pohjoismaiden välillä nykyisin harjoiteta. Tämä johtuu mm. kansallisten tavoitteiden eroavuuksista ja yhtiöiden välisestä hintakilpailusta.¹⁰⁸ Nordel-verkosto on tällä hetkellä eräs maailman suurimpia yhteen kytkettyjä sähkövoimaverkostoja. Pohjoismainen voimajärjestelmä on kytketty sekä Suomen kautta Neuvostoliiton että Tanskan kautta Manner-Euroopan sähköverkkoon.¹⁰⁹

¹⁰⁴ Nevanlinna 1993, 47

¹⁰⁵ Myllyntaus 1991, 127

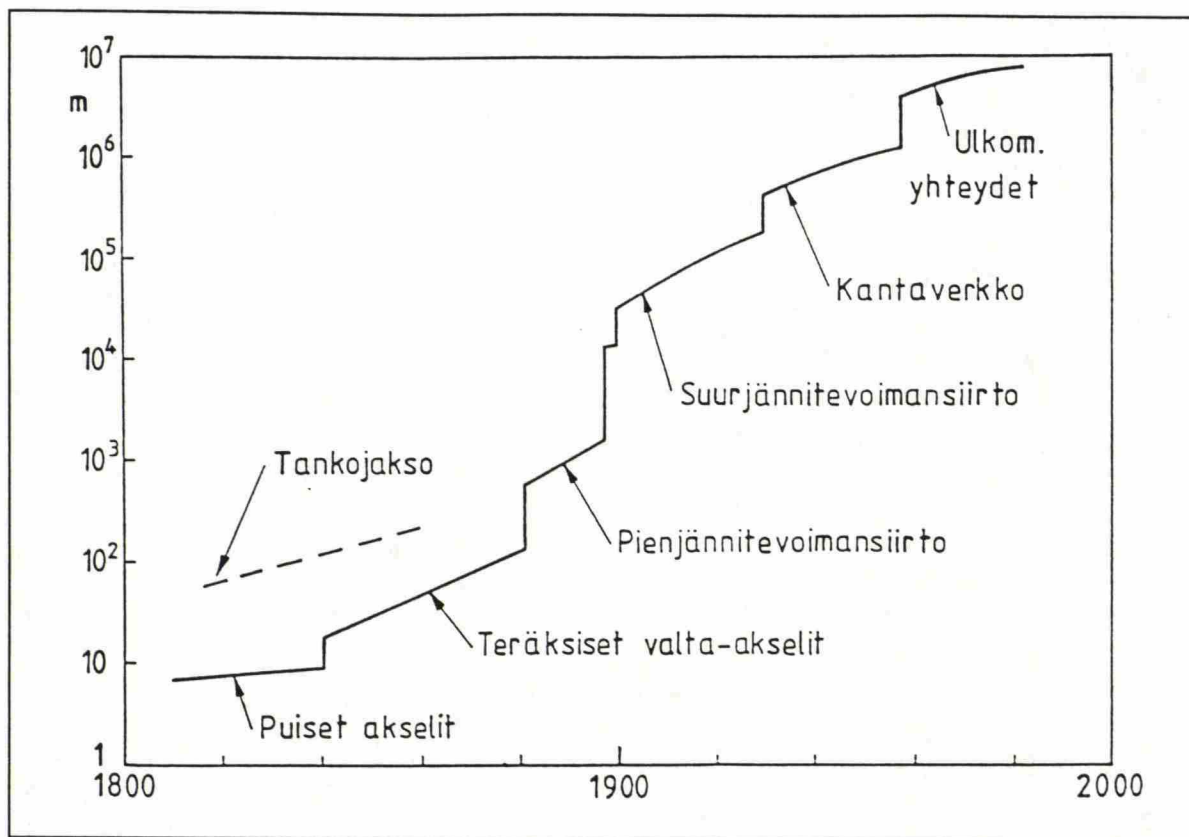
¹⁰⁶ Nevanlinna 1993, 47

¹⁰⁷ Myllyntaus 1991, 128

¹⁰⁸ Laiho 01.04.1993

¹⁰⁹ Mosgaard 1987, 156, 159

Kuva 3.8: Voimansiirtoetäisyyden kehitys Suomessa 1800 - 2000



Lähde: Keskinen 1993, 25

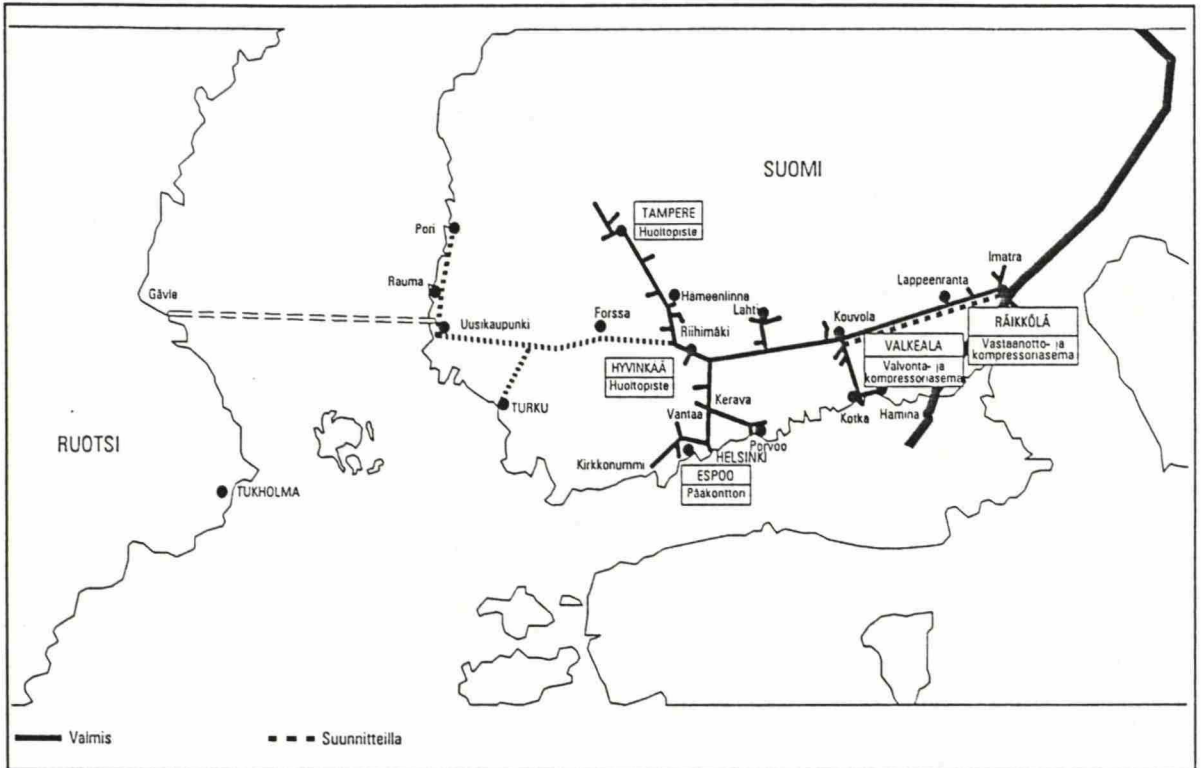
Maakaasun tuonti alkoi, kun Suomi teki 1973 sopimuksen Neuvostoliiton kanssa ja maahamme rakennettiin maakaasuverkko. Maakaasua käytettiin aluksi pääasiassa suurteollisuudessa ja pitkään oli käytössä vain yksi, erityisesti maakaasun käyttöä varten rakennettu voimalaitos. Tämä johtui maakaasun hinnan noususta öljyn hinnan myötä öljykriisin jälkeen. Maakaasun käyttötekniikan edistyminen ja muita fossiilisia polttoaineita ympäristöystävällisemmät käyttöominaisuudet ovat kuitenkin sittemmin kasvattaneet energiamuodon hyötykäyttöä. Lisätoimituksista sovittiin Nesteen ja neuvostoliittolaisen toimittajan välillä 1985 ja uuden maakaasuputken rakentaminen aloitettiin.¹¹⁰ Vuotta myöhemmin Helsingin kaupunginvaltuusto päätti maakaasuvoimalaitoksen rakentamisesta Helsinkiin. Vuonna 1990 valmistunut voimalaitos on tällä hetkellä maamme suurin.¹¹¹ Maakaasun tuonti Neuvostoliitosta on lisääntynyt ja on nykyisin hieman alle kolme miljardia kuutiometriä vuodessa. Tavoitteena on jo pidempään ollut putkiyhteyden aikaansaaminen Ruotsin kautta Norjaan, jolloin kaasua voitaisiin viedä Neuvostoliitosta Suomen kautta Ruotsiin ja toisaalta tuoda Suomeen Norjasta. Toistaiseksi Ruotsi on kuitenkin

¹¹⁰ Nevanlinna 1993, 48

¹¹¹ Ohtonen 1992, 22 - 23

arvioinut maakaasuputken rakentamisen omalta osaltaan kannattamattomaksi.¹¹²

Kuva 3.9: Suomen maakaasuverkko



Lähde: Neste öljystä... 1992, 108

3.4.1 Öljykriisin vaikutus energiatalouteen

Öljykriisin puhkeaminen 1973 aloitti uuden ajanjakson energiatalouden kehityksessä. Energia nousi tärkeäksi osaksi koko maailmanpolitiikkaa ja kansainvälisten ja kansallisten energiapoliittisten organisaatioiden merkitys kasvoi. Suomessa energiakriisi merkitsi sähkön tuotantokapasiteetin nopean kasvuvaiheen päättymistä. Markkinat alkoivat olla kyllästetyt taloudellisen kasvun ja energian kulutuksen kasvun hidastuessa sekä energian hinnan noustessa. Tuottajien välinen yhteistyö lisääntyi, mutta energian eri tuotantoalojen välinen kilpailu markkinaosuuksista koveni. Alkanutta aikakautta kuvaa energian käytön tehostuminen, öljystä luopuminen ja uusien energiamuotojen käyttöönotto.¹¹³

Öljyn kohonnut hinta pakotti kehittämään myös muiden energiaraaka-aineiden hyödyntämistekniikkaa. Lisäksi pyrkimys omavaraisuuteen ja investoinnit energian säästämiseen

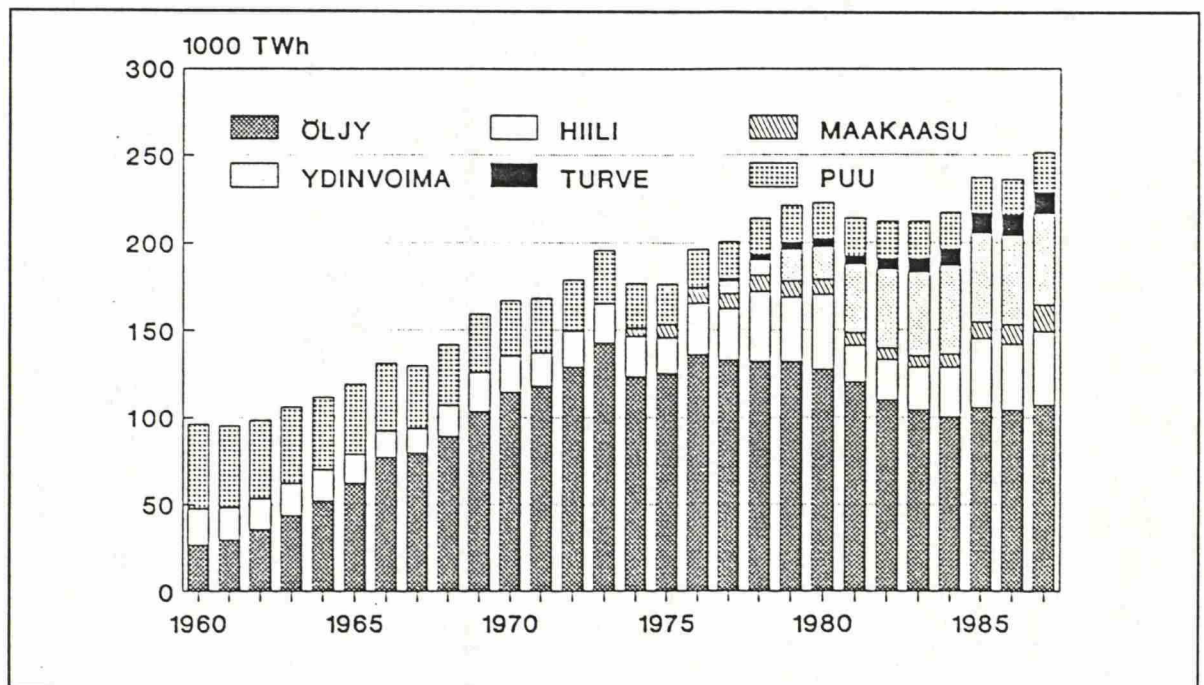
¹¹² Energiakomitean mietintö 1989, 45; Nenonen 1993, 48

¹¹³ Nevanlinna 1993, 48; Jahkola 1993, 67

lisääntyivät. Säästöpotentiaali arvioitiin tosin öljykriisin jälkeen aluksi suhteellisen pieneksi, koska talouskasvun edellytyksenä pidettiin perinteisesti energian käytön jatkuvaa kasvua. Sittemmin energiansäästöön on kuitenkin kiinnitetty Suomessa erityistä huomiota ja nykyisin siihen pyritään mm. energiantuotantoprosesseja uusimalla. Halvan öljyn aikaan suunnitellut prosessit olivat usein tuhlavaisia, mutta teknologiakehityksen myötä on mahdollista parantaa tuottavuutta ja alentaa kustannuksia samanaikaisesti, siirtymällä uusiin korkean teknologian sähköisiin prosesseihin. Energiaa ja raaka-aineita säästyy ja samalla parannetaan ympäristön laatua.¹¹⁴

Nopeasti laskenut öljyn kulutus johti osaltaan mm. maakaasun käytön yleistymiseen maassamme. Keskeiseksi tavoitteeksi nousi kotimaisten polttoaineiden käytön edistäminen. Mm. turpeen tuotantokapasiteetti, joka ennen öljykriisiä oli vähäinen, kasvoi 1980-luvulle tultaessa huimasti. Tämän ansiosta turpeen tuotanto-, jalostus- ja polttotekniikka ovat kehittyneet paljon. Esim. turvekattiloiden lämpötehoa pystyttiin kasvattamaan ja monien kaupunkien, samoin kuin metsäteollisuuden energiahuolto siirtyi kotimaisten polttoaineiden varaan 1980-luvun lopulla. Biomassapohjaisen teknologian vientiin alettiin samalla kiinnittää huomiota.¹¹⁵

Kuva 3.10: Energian kulutus energialähteittäin Suomessa 1960-1987



Lähde: Halkometsästä... 1990, 199

¹¹⁴ Karjalainen 1989, 431, 466; Nevanlinna 1993, 49-50

¹¹⁵ Nevanlinna 1993, 50

3.4.2 Tavanomaisen lämpövoiman teknologia

Tavanomainen lämpövoima tarkoittaa energian tuotantoa, joka tapahtuu höyryvoimalla lauhdutus-, vastapaine-, kaasuturbiini- ja dieselvoimalaitoksissa. Höyryn käyttö sähkövoiman tuotannossa alkoi Suomessa 1882. Sitä ennen höyryä oli käytetty jo pitkään mekaanisen energian tuottamiseen. Höyryä käytettiin jo alkuaikoina yleisesti myös lämmityskäyttöön. Toisen maailmansodan jälkeen vastapainevoiman tehojen kasvun ja kaukolämpötekniikan kehityksen myötä höyry otettiin lopullisesti hyötykäyttöön.¹¹⁶

Höyrykattiloita ja -koneita on maassamme valmistettu niiden käyttöönotosta lähtien. Sen sijaan höyry- ja kaasuturbiinit ovat aina olleet tuontitavaraa. Polttomoottoreita ja kaasuturbiineja on Suomessa yleisesti ottaen käytetty varavoimana, eikä niiden osuus energian kokonaistuotannosta ole ollut kovin merkittävä. Kaiken kaikkiaan höyrytekniikan soveltaminen on maassamme varsin korkealla tasolla, sillä teollisuuden energiaintensiivisyys johti jo varhain vastapainehöyryn mittavaan käyttöön. Energiamuodon taloudellisuus on ohjannut etsimään taloudellisempia ratkaisuja myös muissa energiatekniikoissa. Ratkaiseva vaikutus kehitykseen on ollut eri intressipiirien, kuten teollisuuden, korkeakoulujen ja alan konsulttiyritysten yhteistyöllä.¹¹⁷

Höyrykattilat

Suomella on höyrykattiloiden suhteen hyvin korkea omavaraisuusaste. Kattiloiden käytön alusta lähtien valmistus on tapahtunut pääasiassa kotimaassa. 1800-luvulla Suomessa valmistetut höyrykattilat olivat yleensä pieniä ja yksinkertaisia. Mallit perustuivat usein ulkomaisten laitteiden jäljittelyyn. Vaikka valmistus tapahtui Suomessa, johtavat insinöörit oli palkattu ulkomailta. 1890-luvulla kattilatyyppejen rakenteiden monimutkaistuesssa, joutuivat suomalaiset konepajat hankkimaan lisenssejä uusien mallien valmistusta varten. Mm. konepaja Kone & Silta Oy osti 1910-luvulla amerikkalaisen Babcock & Wilcox höyrykattilan lisenssin ja mallista tuli Suomen suosituin höyrykattila 1920-luvun alkupuolella.¹¹⁸

Vaikka maailmanmarkkinoilla tapahtunut teknologinen kehitys oli nopeaa, pystyivät suomalaiset konepajat pitämään vahvan asemansa sekä pienten että suurten höyrykattiloiden valmistuksessa. Sotien välisenä aikana suurin osa pienistä höyrykattiloista valmistet-

¹¹⁶ Sahlberg & Keskinen 1993, 316

¹¹⁷ ibid

¹¹⁸ Myllyntaus 1991, 180

tiin kotimaassa ja suuret kattilat rakennettiin lisensein tai tuotiin ulkomailta. Nämä kattilat olivat yleensä uudenaikaisia ja tehokkaita, sillä niiden polttoaineena käytettiin suhteellisen kalliita tuontipolttoaineita. Suomalaisten konepajojen kaiken kokoiset höyrykattilat kattava suunnittelutyö alkoi toisen maailmansodan jälkeen. Tällöin luovuttiin lisenseistä, jotka käsittivät koko kattilarakenteen ja ryhdyttiin käyttämään koneen osien lisenssejä. Suomen omavaraisuus kattiloiden valmistuksessa alkoi vahvistua, jonka seurauksena ulkomailta on toisen maailmansodan jälkeen tuotu lähinnä hyvin suuria kattiloita. 1960-luvun alusta lähtien suomalaiset konepajat ovat pääosin luottaneet omaan T&K -toimintaansa kattilanvalmistuksessa.¹¹⁹ Höyrykattiloiden osalta uuden tekniikan tuominen markkinoille kestää nykyisin 5-20 vuotta, jonka aikana kehitysprojeektit vaativat runsaasti sekä henkisiä että fyysisiä voimavaroja.¹²⁰

Teknologian siirron eri muodot ovat hyvin esillä Tampellan höyrykattilavalmistuksessa. Yritykseen perustettiin 1933 höyrykattiloita valmistava osasto, jonka johtajaksi palkattiin USA:ssa pitkään kattilanvalmistuksen parissa työskennellyt suomalainen insinööri Carl af Hällström. Kattiloita alettiin valmistaa Glasgowsta peräsin olevalla (Jarrow & Co Ltd:in) lisenssillä, jolla yritys valmisti 49 Yarrow-merkkistä kattilaa vuosien 1933-51 aikana. Lisäksi Tampella palkkasi ruotsalaisen insinöörin ja alkoi valmistaa myös hänen suunnittelemaansa kattiloita koti- ja ulkomaanmarkkinoille.¹²¹

1960-luvun lopulla voima- ja kattilalaitosten rakennushankkeet muuttuivat mm. toimitusluototussyistä suuriksi kokonaishankkeiksi. Kattilan hankintaan liitettiin kattilarakennuksen toimitus ja usein lisäksi muita koneteknillisiä laitteita. Kattilanvalmistajat joutuivat opettelemaan uuden korkeata ammattitaitoa vaativan roolin monen ulkopuolisen toimituksen koordinoijana.¹²²

Maamme teollisuuden energiantarve on stimuloinut kattilanvalmistajia kehittämään lämpöarvoltaan heikon puujätteen polttoainekäyttöä siten, että suomalaisten yritysten tietotaso näille soveltuvista erilaisista leijupeti-sovelluksista on noussut maailman kärkitasolle. Tekniikka mahdollistaa useamman polttoaineen käytön, kun perinteisesti kattilat on valmistettu vain tiettyä polttoainetta silmällä pitäen. Vaikka ympäristötekijät ovat nousseet etualalla myös kattilan valmistuksessa, jatkuu hiilen käyttö useammastakin syystä vielä pitkälle ensi vuosituhannele. Uusin kehitys on kuitenkin johtanut leijukerrostekniikan

¹¹⁹ *ibid*, 181-182

¹²⁰ Rouvinen 1994, 39

¹²¹ *ibid*, 181

¹²² Haartti 1993, 253; Rouvinen 1994, 38-39

paineistamiseen, jonka ansiosta ympäristöystävällisyys on huomattavasti parantunut.¹²³

Muut voimakoneet

Suurin osa lämpövoimakapasiteetista tuotettiin Suomessa höyrykoneilla 1910-luvulle saakka. Pienet höyrykoneet valmistettiin pääosin kotimaassa ja suuremmat tuotiin ulkomailta. Tärkeimmät tuontimaat olivat Ruotsi, Saksa, Sveitsi ja Iso Britannia. Monet 1800-luvulla Suomessa valmistetut koneet suunnitteli ulkomailta Suomeen palkattu insinööri tai ne olivat paikallisiin olosuhteisiin muunneltuja länsimaisia malleja. Höyrykoneet kuuluivat vuosisadan alkuun saakka useimpien maamme konepajojen valmistusohjelmaan ja muodostivat niille erittäin tärkeän tuotteen. Vaikka suomalaiset valmistivat luotettavia pieniä koneita, tekniikkaa ei pystytty muutamaa pienehköä parannusta lukuunottamatta kehittämään merkittävästi. Höyrykoneiden kysyntä ja valmistus loppui vähitellen vuosien 1900 ja 1940 välillä ja sen asemasta alettiin käyttää höyryturbiineja.¹²⁴ Höyryturbiinien kotimainen tuotanto on jäänyt kehitystyön ja kokeilevan valmistuksen asteelle. Konepajoissa valmistettiin muutama höyryturbiini vasta toisen maailmansodan jälkeen mm. sotakorvauksina Neuvostoliitolle. Valmistusta seurannut kehitystyö ei kuitenkaan johtanut tuotannon jatkamiseen.¹²⁵

1950-luvun alussa Tampella solmi yhteistyösopimuksen ruotsalaisen Lavalin kanssa valmistaakseen höyryturbiineja lisenssillä. Toiminta kaatui kuitenkin tilausten puutteeseen. Tampella tutki valmistuksen aloittamista uudelleen vielä 1960-luvulla mutta luopui aikeesta todettuaan, että tekniikka oli jo edennyt vaikeasti saavutettavalle tasolle.¹²⁶

Koska Suomessa ei ole valmistettu höyryturbiineja on maamme pidetty perässä tulijana korkean teknologian saralla. Kuitenkin voidaan todeta, että höyryturbiinien valmistuksen 1920-luvulla aloittaneet maat olivat kansantaloutensa osalta yleensä suuria ja kehittyneitä. Joukossa oli ainoastaan neljä maata, joiden asukasluku oli alle 15 miljoonaa (Sveitsi, Ruotsi, Tšekkoslovakia ja Belgia) ja kaikilla näillä mailla oli höyryturbiinivalmistuksen yleisenä alkamisajankohtana vahvempi teollisuusrakenne kuin Suomella. 1960-luvulla höyryturbiineja valmisti ainoastaan 14 maata ja 1970-luvun puoliväliin mennessä valmistajia oli enää kahdeksaan. Tästä näkökulmasta tarkasteltuna Suomen ratkaisua voidaankin

¹²³ Rouvinen 1994, 41, 43-47

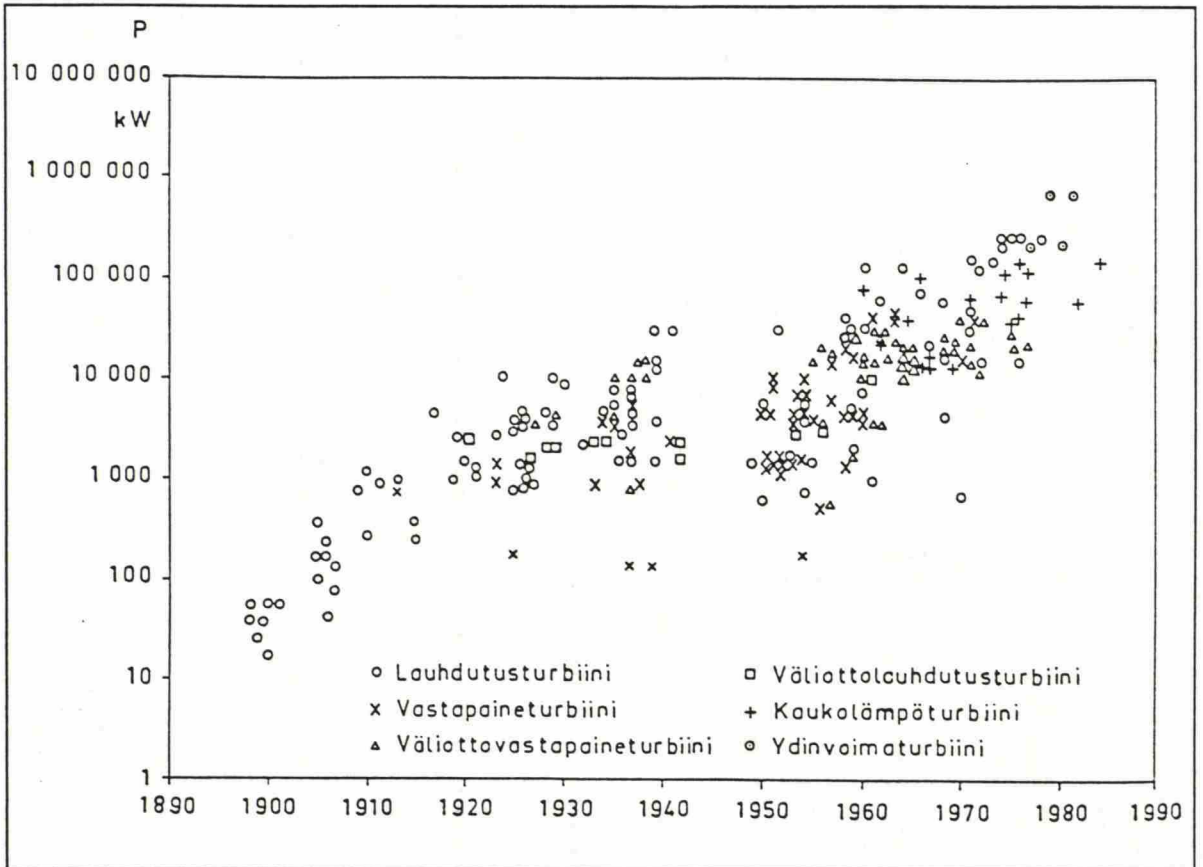
¹²⁴ Myllyntaus 1991, 182; Sahlberg & Keskinen 1993, 265

¹²⁵ Sahlberg & Keskinen 1993, 309

¹²⁶ *ibid*

pitää hyvin ymmärrettävänä.¹²⁷

Kuva 3.11: Suomessa käytetyt höyryturbiinit ja niiden tehojen kehitys



Lähde: Sahlberg & Keskinen 1993, 308

Kotimaisen höyryturbiinivalmistuksen puuttuminen ei näytä hidastaneen höyryturbiinin diffuusiota maassamme. Ensimmäiset höyryturbiinit tuotiin Suomeen jo 1890-luvulla Ruotsista. Koneet olivat melko pieniä nk. de Laval turbiineja. Toisen maailmansodan jälkeen Suomeen tuotiin lähinnä vastapaineturbiineja. Myöhemmin lauhdutusvoimatuotannon määrä kasvaessa tuotiin maahan myös lauhdusturbogeneraattoreita. Kotimaanmarkkinoita hallitsivat aluksi suuret saksalaiset, ruotsalaiset ja sveitsiläiset yritykset. 1965 mennessä saksalainen AEG oli toimittanut 48 prosenttia kaikista siihen mennessä Suomeen asennetuista turbogeneraattoreista. 1970-luvulla tuonnin rakenne monipuolistui ja mukaan tulivat itä-eurooppalaiset ja brittiläiset valmistajat. Suomen voimayhtiöt eivät enää olleet riippuvaisia vain muutamasta ylikansallisesta laitevalmistajasta vaan hyötyivät vapaudestaan valita useiden kilpailijoiden välillä. Höyryturbiinien osalta suomalaisten insinöörien innovatiiviseksi tehtäväksi on jäänyt länsimaisten ja itä-eurooppalaisten komponenttien yhteen sovittaminen toimiviksi kokonaisuuksiksi yhden voimalaitoksen puit-

¹²⁷ Myllyntaus 1991, 184

teissa.¹²⁸

Polttomoottoreista ensimmäiset, vuoden 1880 tienoilla Suomeen tuodut kaasumoottorit, olivat saksalaista alkuperää ja niitä käytettiin aluksi teollisuuden voimanlähteenä. Samoihin aikoihin Suomen markkinoille tulivat petrolimoottorit, joiden kotimainen valmistus alkoi 1895. Dieselmoottoreiden valmistus aloitettiin 1903, mutta useimmiten moottorit tuotiin tuolloin kuitenkin Ruotsista. Dieselmoottorien käyttö laajeni voimakkaasti, kun Dieselin patentit vanhenivat 1907-08. Suomessa moottoreita käytettiin lähinnä pienissä sähkölaitoksissa. Merkittävä kehitysvaihe dieselmoottorin kohdalla oli sen soveltaminen sähkön ja lämmön yhteistuotantoon.¹²⁹ Kaasuturbiinin käyttö sähköntuotannossa on ollut monien innovaattoreiden erittäin pitkään jatkuneen kansainvälisen tutkimustyön tulos. Ensimmäinen menestyksekkäs kone kehitettiin sveitsissä 1939. Suomessa kaasuturbiineja ei ole sen sijaan valmistettu ja se on siten höyryturbiinien ohella toinen esimerkki energian tuotannossa käytetystä korkean teknologian tuotteesta, jota ei ole koskaan valmistettu maassamme. Kaasuturbiineja on kuitenkin käytetty 1960-luvulta lähtien. Ydinvoimalaitosten valmistuttua kaasuturbiinivoimalaitosten rakentaminen hidastui.¹³⁰

Suomessa ei jouduttu juurikaan tekemään polttomoottorien kehitystyötä, sillä moottorit olivat saaneet pääpiirteissään nykyisen konstruktionsa jo ennen valmistuksen aloittamista maassamme. Koneiden kotimainen valmistus kehittyi Suomessa siten, että sotien välisenä aikana maamme oli lähes omavarainen voimalaitoskäyttöön tarkoitettujen polttomoottorien suhteen. Sittemmin polttomoottorien tuonti lisääntyi, sillä pienehkö käyttö varavoimana ei ole antanut riittäviä perusteita kotimaiselle kehitystyölle. Koneet kehittyivät lähinnä johonkin muuhun tarkoitukseen suunniteltujen moottorien muunnelmia. Suomessa polttomoottorien käytön vähäisyyteen sähköntuotannossa on vaikuttanut lähinnä öljyn korkea hinta. Polttomoottorien alhaiset investointikustannukset ja korkea tehokkuusaste eivät ole varsinaisesti pystyneet kompensoimaan tätä haittatekijää.¹³¹

1970-luvulla Wärtsilä alkoi saavuttaa kansainvälistä mainetta suurten voimalaitoskäyttöön tarkoitettujen dieselmoottoreiden suunnittelijana. Valmistus oli alkanut 1950-luvulla ruotsalaisella lisenssillä, mutta omien tyyppien kehittelyyn päästiin nopeasti. Wärtsilän nimissä on edelleen suurin Suomessa kokonaan kehitetty dieselmoottori. 1980-luvulla yritys investoi voimakkaasti tuotekehitykseen, jonka seurauksena syntyi kaasun polttoainekäytön mahdollistava dieselmoottori. Uusi

¹²⁸ *ibid*, 184-186

¹²⁹ Kleimola 1993, 332-333, 336

¹³⁰ Myllyntaus 1990, 186-187; Kleimola 1993, 351

¹³¹ Myllyntaus 1991, 186, 187; Rouvinen 1994, 44, 50-51; Kleimola 1993, 348

tekniikka on ympäristön kannalta huomattavasti parempi ratkaisu kuin öljyllä käyvät moottorit. Nykyisin Wärtsilä-Diesel on maailman markkinajohtaja kokonaisten dieselvoimalaitosten toimittajana. Yritys on sähköä tuottavien voimalaitosten ohella valmistanut myös diesellämmitysvoimalaitoksia.¹³²

Yhteenvetona voidaan sanoa, että lämpövoiman rakentaminen on Suomessa perustunut pitkälti teollisuuden tarpeisiin, sillä teollisissa prosesseissa tarvitaan lämpövoimatuotannossa syntyvää höyryä. Määrällisesti lämpövoiman käyttö ohitti vesivoiman 1970-luvulla ja Suomesta tuli vastapainetuotannon ja kaukolämmityssähkön johtava maa koko maailmassa. Teknologian siirtoprosessi on noudatellut myös lämpövoimateknologian osalta aikaisemmin käytettyä mallia eli siirtoon on pääasiassa käytetty yleisiä teknologian siirron väyliä. Lämpövoimateknologian osalta suomalaiset ovat erityisesti kattilan valmistajina siirtyneet vastaanottajista luovuttajiksi.

3.5 Ydinvoima

Ydinenergian käyttöönottoon johtanut kehitys lähti Suomessa liikkeelle 1950-luvun puolivälissä, jolloin atomienergianeuvottelukunta ja IVO alkoivat suunnata toimintaansa kohti ydinenergian käyttöönottoa. Vesivoimarakentamisen tyrehtyminen ja voimakas taloudellinen kasvu sekä sitä seurannut vielä nopeampi energian kulutuksen kasvu puolsivat myönteistä suhtautumista ydinvoimaa kohtaan. 1960-luvun alussa lähti käyntiin tutkimustyö IAEA:n (International Atomic Energy Agency) kanssa.¹³³ Teknis-taloudellisten tekijöiden lisäksi ydinvoimalaitosten rakentamiseen liittyi erityisiä ydinenergia-alalle ominaisia poliittisia vaikuttimia. Tästä johtuen ensimmäisten ydinvoimalaitosten rakennuspäätösten yhteydessä esiintyi mutkikkaampia ongelmia kuin muussa voimalaitosrakentamisessa 1960- ja 1970-luvuilla. Poliittisten ongelmien selvittyä IVO sai 1970 valtioneuvostolta suostumuksen Loviisan ydinvoimalaitoksen tilaamiseksi Neuvostoliitosta. IVO otti ensimmäisen laitoksen vastaan 1977 ja toisen 1981. Molempien voimalaitosyksiköiden teho on 440 MW.¹³⁴

Teollisuus toimi omien suunnitelmiensa pohjalta ja oli halukas pääsemään mukaan ydinenergiavalmisteluihin jo varhaisessa vaiheessa. Teollisuuden kiinnostus alaa kohtaan johtui mm. oman tuotannon energiantensiivisyydestä ja pääomavaltaisuudesta. Saavutettu energiaomavaraisuus ja riippumattomuus valtionyhtiöistä haluttiin säilyttää myös tulevaisuudessa. Oman ydinvoiman rakentamisen katsottiin olevan tehokkain keino kontrolloi-

¹³² ibid

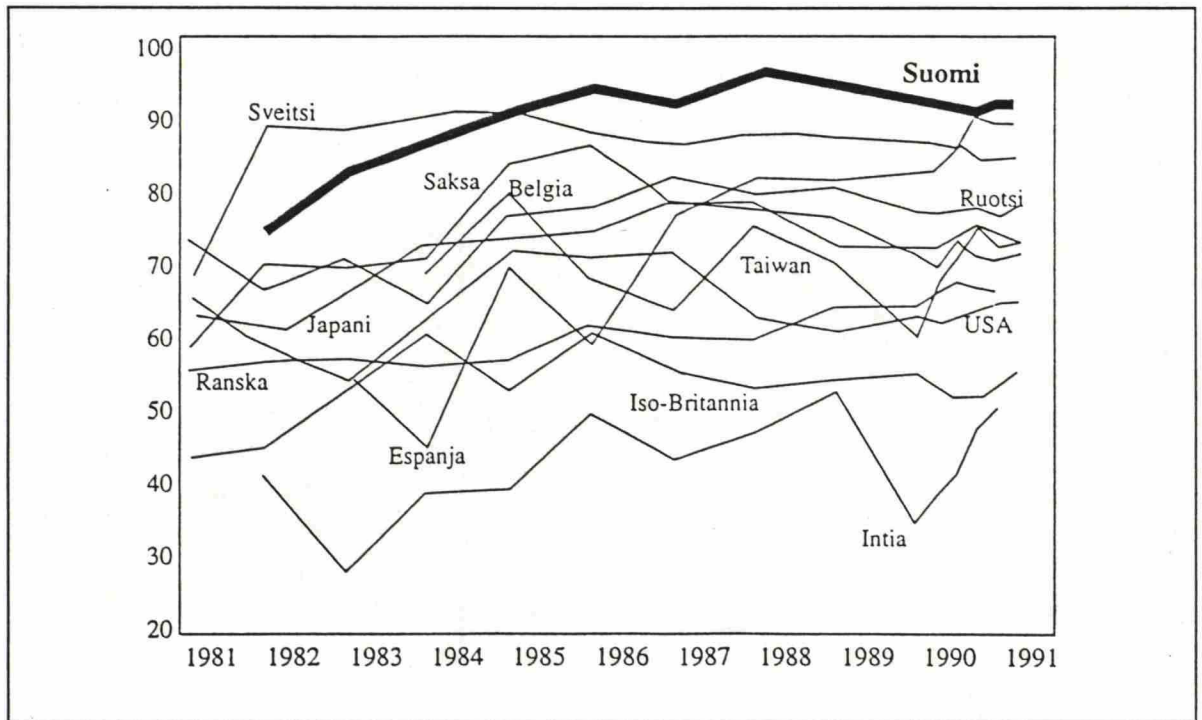
¹³³ Karjalainen 1989, 320 - 321

¹³⁴ Ranta 1993, 413 - 415

da energian hintaa. Teollisuuden Voima Oy, jonka osakkaina oli etupäässä metsäteollisuuden yrityksiä, ryhtyi 1970-luvun alussa neuvottelemaan ruotsalaisen Ab ASEA-Atomin kanssa ensimmäisen voimalaitosyksikön toimittamisesta. Neuvotteluiden tuloksena tilattiin Olkiluodon voimalaitoksen kaksi yksikköä, joista ensimmäinen käynnistettiin 1978 ja toinen 1980. Kummankin yksikön teho oli alunperin 660 MW, mutta vuoden 1985 alusta molempien teho nostettiin 710 MW:iin. Hankkeen toteutusvaiheessa Teollisuuden Voima Oy:n omistuspohjaa laajennettiin siten, että nykyisin yhtiön julkisen ja yksityisen sektorin omistusosuus on yhtä suuri.¹³⁵

Ydinenergiasta muodostui Loviisan ja Olkiluodon voimalaitosten valmistuttua maamme suurin sähkön lähde, jolla tyydytettiin huippuvuonna 1983 jopa 41 prosenttia maan koko sähköenergian tarpeesta. Tällä arvolla Suomen energiahuolto käytti Ranskan (48%) ja Belgian (46%) jälkeen kolmanneksi eniten ydinenergiaa koko maailmassa. Sitten Suomen sijaluku on pudonnut, koska lisäydinvoimaa ei ole rakennettu. Loviisan ja Olkiluodon yksiköiden käyttökertoimet ovat sen sijaan jo usean vuoden ajan olleet maailman parhaimpien joukossa.¹³⁶

Kuva 3.12: Ydinvoimalaitosten keskimääräisiä käytettävyyssasteita eräissä maissa



Lähde: Rouvinen 1994, 20

¹³⁵ ibid, 321-322, 415, 418

¹³⁶ Myllyntaus 1991, 141

Lähes koko 1980-luvun oli käynnissä keskustelu Suomen perusvoimaratkaisusta. Viiden-
nen ydinvoimalaitoksen rakentamista ajettiin voimakkaasti erityisesti IVO:n ja teollisuuden
tahoilta. Sittemmin myös hallitus esitti eduskunnalle viidennen ydinvoimayksikön rakenta-
mista maahamme. Eduskunta teki kuitenkin ydinvoiman kannalta kielteisen ratkaisun syys-
kuussa 1993. Mm. energiansäästö, maakaasu, hiili ja kotimaisten energialähteiden käytön
lisäys ovat olleet julkisuudessa esitettyjä vaihtoehtoja ydinenergialle. Teollisuudelle ydin-
energian lisärakentaminen tuntuu kuitenkin edelleenkin olevan ainoa oikea vaihtoehto
energiansaannin turvaamiseksi tulevaisuudessa.

3.5.1 Ydinvoimateknologia

Ydinfysiikan tutkimus laajeni maailmalla nopeasti toisen maailmansodan loppupuolella, kun
Yhdysvallat julkisti sodanaikaisesta tutkimusprojektistaan ydinreaktorin rakentamisesta
saamansa tulokset. Useissa maissa perustettiin suuria atomitutkimukseen erikoistuneita
laitoksia. Suomessa alan tutkimuspohja oli sen sijaan pitkään hyvin kapea, ja vaikka
ydinfysiikan kansainväliseen kehitystyöhön oli joitakin yhteyksiä jo 1930-luvulla, käynnis-
tyi ensimmäisen hiukkaskiihdyttimen rakennustyö maassamme Helsingin yliopiston
fysiikan laitoksella vasta 1948. Kotimaisten asiantuntijoiden suosituksesta ei lähdetty
rakentamaan erillistä ydinvoimatekniikan tutkimuskeskusta, sillä maallamme ei katsottu
olevan riittäviä resursseja tällaisen suurprojektin ylläpitoon. Todettiin, että Suomen mitta-
kaavaan sopisivat paremmin teknologian siirron eri muodot. Ruotsissa päädyttiin vastak-
kaiseen ratkaisuun ja ongelmat ovat olleet suuria. Nykyisin ruotsalaisten tutkimuslaitos on
vähittäin siirretty palvelemaan muiden energiantuotantomuotojen tutkimusta. Kaiken kaik-
kiaan Suomen tutkimuskapasiteetti oli muihin Pohjoismaihin verrattuna vähäinen.¹³⁷

Suomen Akatemian aloitteen seurauksena lisättiin 1950-luvun puolivälissä nuorten tutki-
joiden ulkomaisia koulutus- ja työmahdollisuuksia. Maassamme alkoi ydinvoima-alan tutki-
mus- ja koulutustoiminta ja ensimmäinen ydinvoimatekniikan insinöörisukupolvi valmistui
1960-luvun alussa. Ydinenergiaan liittyvään kansainväliseen tutkimusyhteistyöhön otettiin
osaa 1950-luvulla ensisijaisesti pohjoismaisen yhteistyön puitteissa. 1960-luvun alussa
käynnistyi tutkimusyhteistyö International Atomic Energy Agencyn (IAEA) kanssa.¹³⁸

Ydinteknillinen teollisuus aloitti Suomessa toimintansa 1950-luvun lopulla. Ensimmäiset
reaktoritekniikkaan liittyvät toimitukset olivat Teknillisen korkeakoulun alikriittinen reaktori

¹³⁷ Aalto 17.4.1994

¹³⁸ Ranta 1993, 411-412; Karjalainen 1989, 216, 320 - 321

(valmistaja oli A. Ahlström Osakeyhtiö 1958) sekä alihankinnat Teknillisen korkeakoulun TRIGA-tutkimusreaktoriin. Teknologiaosaamista kartutettiin erilaisiin reaktoryypppeihin tutustumalla, henkilöstöä kouluttamalla ja toimittamalla ensimmäisiä ydinvoimalaitosten osia Ruotsiin.¹³⁹ Teollisuus tähtäsi ydinvoimakomponenttien valmistuksella pitkälle tulevaisuuteen sekä jatkuviin vientitoimituksiin. Tuotekehittely perustui osaksi ulkomaiseen tekniikkaan mutta sisälsi paljon myös suomalaista insinööryötä, joka johti mm. useampaan patenttiin. Osallistuminen ydinvoiman rakentamiseen joudutti myös uusien laskenta-, valmistus- ja laadunvarmistusmenetelmien omaksumista koko metalliteollisuudessa.¹⁴⁰

1966 alan toimituksista kiinnostuneet yritykset järjestäytyivät ja perustivat Suomen Atomiteollisuusryhmän. Kolme vuotta myöhemmin perustettiin lisäksi ydinteollisuuden työn koordinointiin, markkinoinnin avustamiseen sekä tutkimus- ja kehitystyöhön Oy Finnatom Ab. Yhtiön osakkaina olivat yhtä suurin osuuksin: A. Ahlström Osakeyhtiö, Oy Nokia Ab, Rauma-Repola Oy, Oy W. Rosenlew Ab, Oy Strömberg Ab, Oy Tampella Ab, Valmet Oy ja Oy Wärtsilä Ab.¹⁴¹ Kun ydinvoiman rakentaminen 1980-luvulla keskeytyi Suomessa ja tärkeimmässä vientimaassamme Ruotsissa, tyrehtyi myös komponenttien valmistus ja edelleen kehittely. Nykyisin ydinvoimatekniikan tutkimusta harjoitetaan korkeakouluissa sekä Valtion teknillisessä tutkimuskeskuksessa (VTT). On arvioitu, että Euroopan yhdentymiskehityksen myötä Suomelle avautuu mahdollisuus hyödyntää Loviisan ydinvoimalaitosten rakentamisen myötä hankittua ainutlaatuista osaamistaan ja kokemustaan Itä-Euroopan maiden vanhojen ydinvoimalaitosten turvallisuuden parantamiseen ja uusien suunnitteluun ja rakentamiseen.¹⁴²

Loviisan ydinvoimalaitosyksiköiden rakentamissopimuksessa IVO:lle oli varattu merkittävä osuus suunnittelusta ja komponenttihankinnoista. Käytännössä IVO toimi projektissa sekä pääsuunnittelijana että -urakoitsijana. Olkiluodon ydinvoimalaitosprojekti oli sen sijaan avaimet käteen -toimitus, jossa kokonaisvastuu oli ASEA-Atomilla. Suomalaisten alihankkijoiden käyttö perustui lähinnä teknistaloudellisiin näkökohtiin.¹⁴³

¹³⁹ Ranta, 412, 421, 426

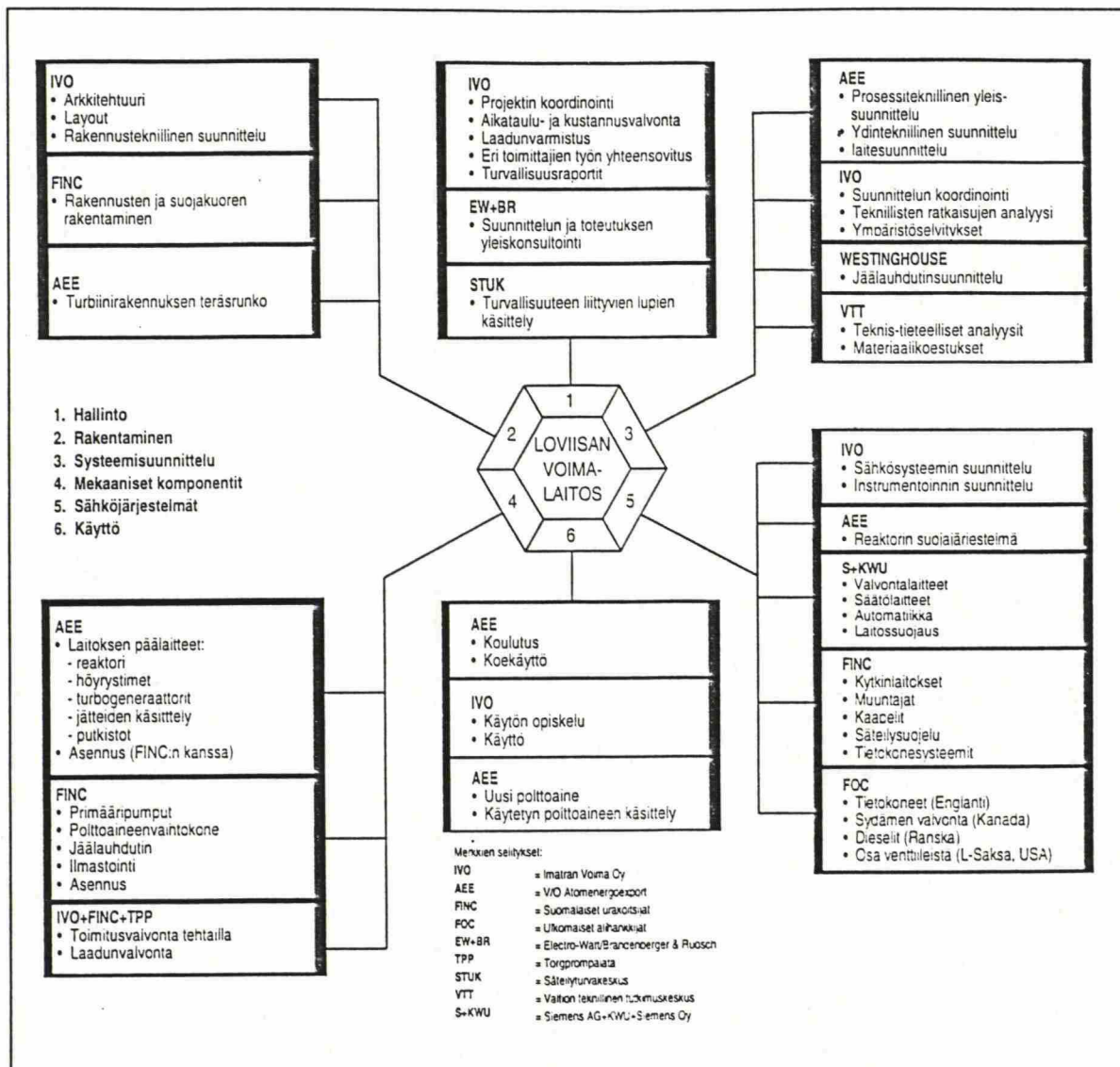
¹⁴⁰ Leisio 1991, 17

¹⁴¹ Ranta, 412, 421, 426

¹⁴² Leisio 1991, 17

¹⁴³ Ranta, 415, 418

Kuva 3.13: Loviisan voimalaitoshankkeeseen osallistujat ja tehtäväjako



Lähde: Loviisan voimalaitos 1990, 2

Loviisan ydinvoimalaitosten rakentaminen on ollut Suomen suurin yksittäinen teknologian siirtoprojekti. Projektissa noudatettiin pitkälti samoja teknologian siirron muotoja kuin aikaisemminkin suomalaisen energiateknologian kehittämisessä. Ydinvoiman teknologian siirtoon valmistauduttiin lukuisilla ulkomaille suuntautuneilla opintomatkalla ja helposti saatavilla olevan taitotiedon aktiivisella omaksumisella. Tavoitteena oli tuottaa kotimaassa niin useat komponentit kuin oli taloudellisesti järkevää ja teknisesti mahdollista. Koska päämääränä oli korkea laatu ja turvallisuus, suomalaiset joutuivat omaksumaan teknologiaa lukuisilta eri luovuttajilta ja useammasta eri maasta. Samalla ulkomainen teknologia jouduttiin sopeuttamaan suomalaista vaatimustasoa vastaavaksi. Teknologian hankinnassa hylättiin helpompi ja lyhyempi tie eli avaimet käteen toimitus ulkomaiselta valmistajalta ja valittiin sen sijaan vaikeampi menetelmä, jossa suomalaisilla oli vahva kotimaisiin voimiin

turvautuva rooli projektin johtajana. Suomalaisessa voimalaitosrakentamisessa on ollut tärkeänä päämääränä kehittää kotimaista alan osaamista. Yleisesti ottaen vain koneet joita ei valmistettu kotimaassa on ostettu ulkomaisilta valmistajilta. Tästä on nähtävissä sekä suomalaisen energia-alan rationaalinen strategia että kansallinen itsetunto.¹⁴⁴

3.6 Energiatalouden nykytila ja sen teknologinen perusta

Suomen energiatalous on pitkälle hajautettu ja se toimii periaatteessa samalla tavalla kuin muutkin talouden osa-alueet. Erityisesti sähköjakelusysteemissä valtionyhtiöt, kunnalliset ja lähinnä teollisuuden omistamat yksityiset laitokset kilpailevat, mutta ovat samalla tiiviissä yhteistyössä keskenään.¹⁴⁵ Suurilla valtion energiayhtiöillä kuten IVO:lla on kuitenkin energiatoimialalla varsin keskeinen ja jossain määrin kilpailua rajoittava asema. Lisäksi paikallisilla energia- ja sähkölaitoksilla, on alueellaan toistaiseksi yleensä monopoliasema. Teollisuuden hyvin omavarainen sähköhankinta (70 prosenttia voiman tarpeesta) perustuu sekä tuotantolaitosten yhteydessä olevien prosessivoimaloiden käyttöön että omistussuoksiin erillisissä voimalaitoksissa.¹⁴⁶ Kokonaisuudessaan Suomen energiataloutta voidaan muihin Euroopan maihin verrattuna pitää hajautetun ja keskitetyn järjestelmän välimuotona, joka kuitenkin tulevaisuudessa näyttää suuntautuvan kohti yhä hajautetumpaa toimialarakennetta.¹⁴⁷ Energiahuollon perusrakenteet, eli sähkö- ja kaukolämpöverkot on suurimmaksi osaksi rakennettu. Edelleen pyritään kuitenkin omavaraisuuden lisäämiseen, ympäristöhaittojen vähentämiseen ja hyötysuhteiden parantamiseen lähinnä sähköhankinnan osuutta nostamalla.¹⁴⁸ Jo nyt Suomen energiankäyttö kuuluu maailman tehokkaimpiin ja teknologisesti edistyneimpiin.¹⁴⁹

3.6.1 Energian tuotantosektori

Yli puolet Suomen sähköntuotannosta tuotetaan ydin- ja vesivoimalla (katso kuva 3.14). Vuonna 1992 maamme sähköntuotantokapasiteetti oli 14 200 MW ja uutta kapasiteettia oli rakenteilla noin 1 200 MW. Oman tuotannon lisäksi sähköä tuodaan lähinnä Ruotsista

¹⁴⁴ Myllyntaus 1991, 141-142

¹⁴⁵ *ibid*, 96

¹⁴⁶ Energiakomitean mietintö 1989, 40 - 41

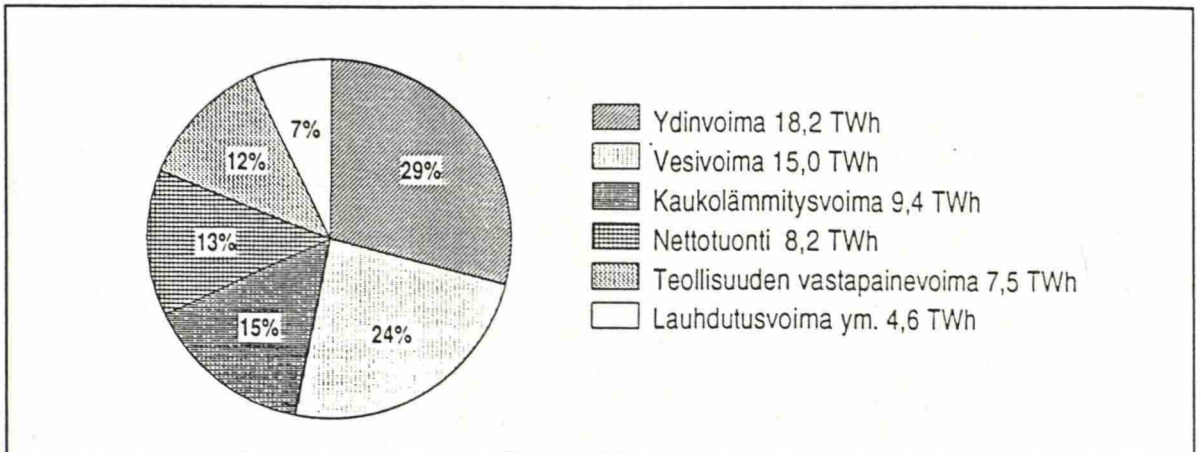
¹⁴⁷ Smith 1993, 13

¹⁴⁸ Ukkola 1994, 58

¹⁴⁹ Energy Technology... 1994, 4

ja Venäjältä. Sekä lämpöä että sähköä tuottavilla voimalaitoksilla tuotetaan lähes puolet teollisuuden energian tarpeesta. Kuntien omistamat laitokset ja muut jakeluyritykset käyttävät lämpöä ja sähköä tuottavia voimalaitoksia kaukolämmön tuottamiseen ja tuottavat samalla melkein viidenneksen omasta voiman tarpeestaan. Kaksi miljoonaa suomalaista asuu nykyisin kaukolämpötaloissa ja kaukolämmöllä katetaan yli 40 prosenttia koko maan lämmitystarpeesta.¹⁵⁰

Kuva 3.14: Sähkön hankintatavat 1991



Lähde: Kestävän kehityksen... 1994, 50

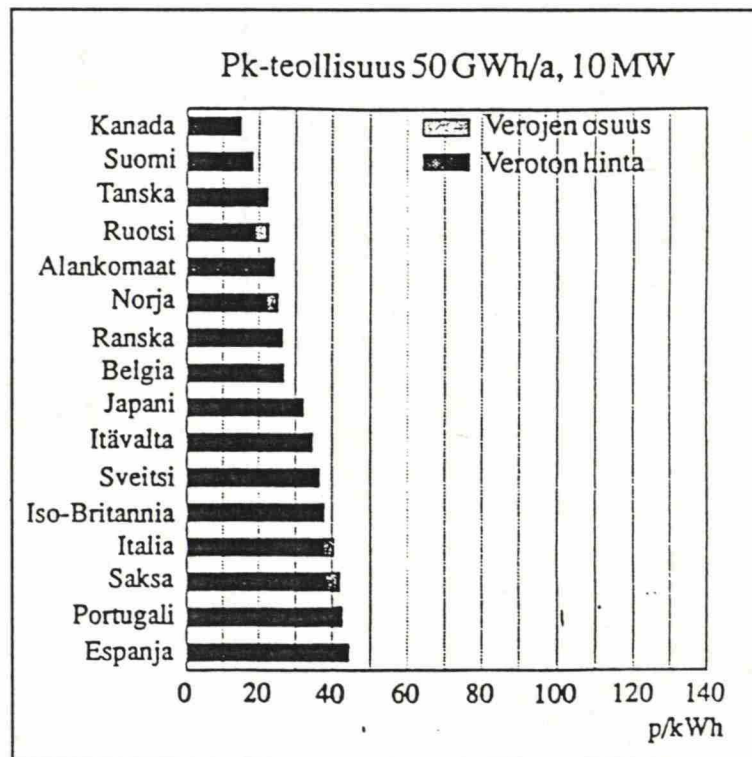
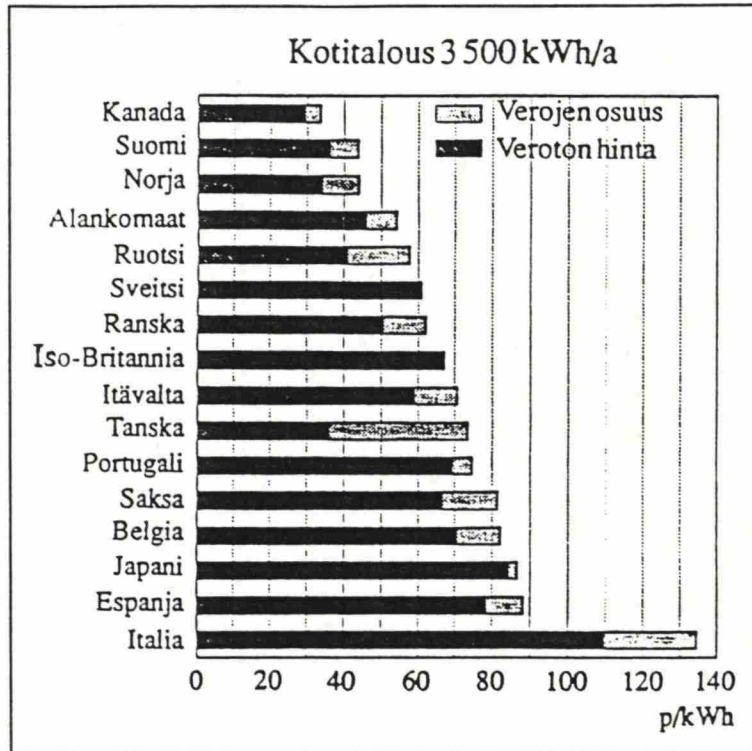
Yhteensä 130 tuotantoyhtiötä tai -laitosta omistaa noin 370 voimalaitosta. Omistajat ovat pääasiassa valtionyhtiöitä ja teollisuusyrityksiä (molemmilla on noin 40 prosentin osuus maamme energian tuotantokapasiteetista) sekä kunnallisia ja muita jakeluyrityksiä. Kolme suurinta voimalaitosta tyydyttää noin puolet Suomen energiantarpeesta ja kymmenellä suurimmalla voimalaitoksella on yli 70 prosentin osuus tuotannosta. Sähkövoimalaitosten yhteisomistus on tyypillinen piirre suomalaisessa voimantuotantosysteemissä. Tämä johtuu lähinnä suurtuotannon eduista, jotka ovat osaltaan vaikuttaneet mm. sähkön hinnan alhaisuuteen maassamme.¹⁵¹ Sähkön hinta onkin Suomessa Euroopan alhaisimpia. Kotitaloussähkössä Suomea halvempia maita Euroopassa ovat Ruotsi ja Norja, joissa sähkön tuotantorakenne on vielä Suomeakin edullisempi. Myös teollisuudelle sähkö on edullisinta Pohjoismaissa. Elinkustannusten nousuun verrattuna sähkön hinta oli maassamme vuoden 1992 alussa reaalisesti noin 75 prosenttia kymmenen vuotta aikaisemmasta tasostaan.¹⁵²

¹⁵⁰ Stam & Kuuva 1992, 2; Energiatutkimus 1992, 6

¹⁵¹ Stam & Kuuva 1992, 1-3

¹⁵² SLY VK 1987-1991

Kuva 3.15: Sähkön hinnat eräissä maissa 1.1.1992

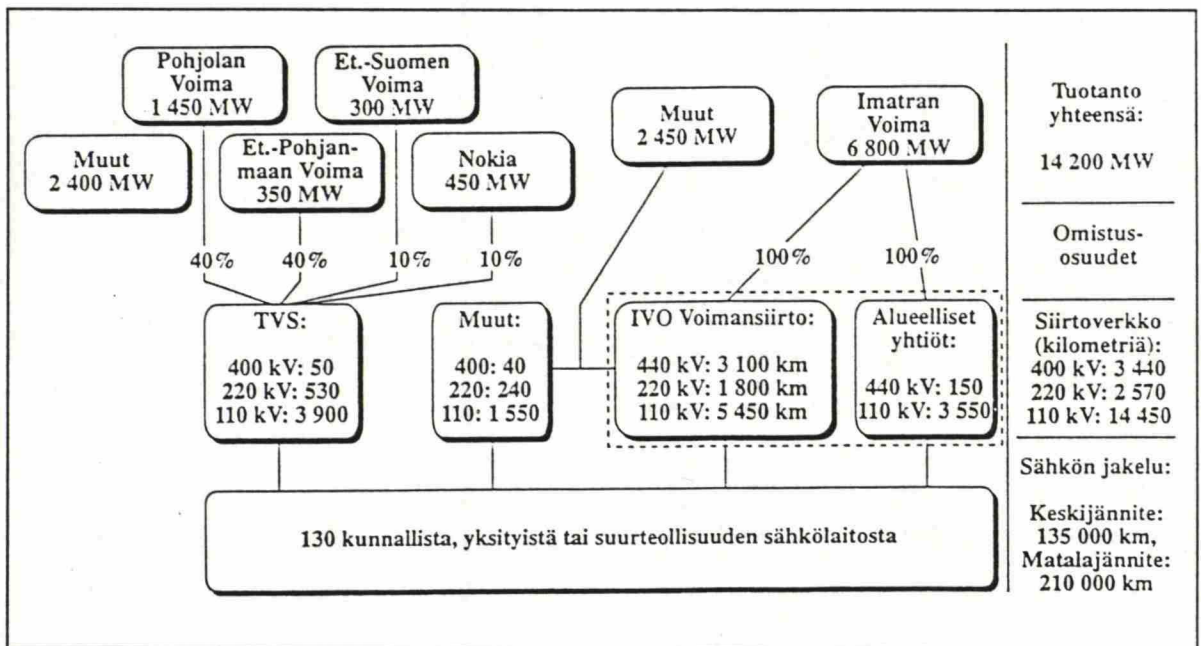


Lähde: IVO-viestintäpalvelut 1993

3.6.2 Sähkönsiirto ja -jakelusektori

Suomessa kaikki tuotantolaitokset ja siirtoverkot, huolimatta niiden omistuksesta, ovat yhteydessä toisiinsa. Sähkönsiirtoverkon (110 kV:n ja sitä tehokkaammat voimalinjat) omistaa noin 50 yritystä. Suurinta osaa 110 kV:n verkosta käyttävät erilliset, tätä toimintaa varten perustetut alueelliset verkkoyhtiöt. IVO:n omistuksessa on keskimäärin kolme neljännestä koko kantaverkosta (400 kV verkko melkein kokonaisuudessaan ja noin kaksi kolmasosa 220 kV:n ja 110 kV:n verkostoista). 1992 IVO yhtiöitti valtakunnallisen sähkönsiirtonsa omaksi kantaverkkoyhtiöksi IVO Voimansiirto Oy:ksi (IVS). Tytäryhtiölle on vuokrattu emoyhtiön omistamat siirtoverkot lähes kokonaisuudessaan.¹⁵³ Teollisuus puolestaan uudisti voimansiirtorakennettaan 1990 siten, että neljä voimalaitosyhtiötä yhdistettiin yhdeksi yhtiöksi, Teollisuuden Voimansiirto Oy:ksi (TVS). Yhtiö omistaa nykyisin viidenneksen maamme voimansiirtoverkostosta, lisäksi suunnitteilla on oman yhteyden rakentaminen Venäjän verkkoon tuontikapasiteetin lisäämiseksi.¹⁵⁴

Kuva 3.16: Suomen energiajärjestelmä



Lähde: IVO-viestintäpalvelut 1992

Sähkönjakeluyrityksiä on Suomessa nykyisin 130. Kaksi kolmasosaa on kuntien omistuksessa ja loput pääasiassa teollisuusyritysten ja yksityisten henkilöiden omistuksessa. Valtionyhtiöt eivät perinteisesti ole osallistuneet sähkön jakeluun, tosin IVO on osak-

¹⁵³ ibid

¹⁵⁴ Stam & Kuuva 1992, 2

keenomistajana joissakin jakeluyrityksissä. Nykyinen lainsäädäntö sallii jakeluyritysten monopoliaseman toiminta-alueellaan¹⁵⁵, mutta asiaan on tulossa muutos kesällä 1995, jolloin hallitus päättää uuden sähkömarkkinalain voimaantulosta. Tällöin poistuu sähkön myyjien alueellinen monopoliasema ja suurien kuluttajien, esimerkiksi useiden yritysten on mahdollista ostaa sähkönsä halvimmalta tuottajalta varta vasten perustettavasta sähköpörssistä. Kotitalouksien on ainakin alussa hankalampi kilpailuttaa sähkölaitoksia.¹⁵⁶ Sähköalan kilpailua lisäävä sähköpörssi on toistaiseksi käytössä vain Isossa-Britanniassa ja Norjassa, joten Suomi kulkee tässäkin asiassa kehityksen kärkipäässä.

3.6.3 Energiateknologian kehittäjät

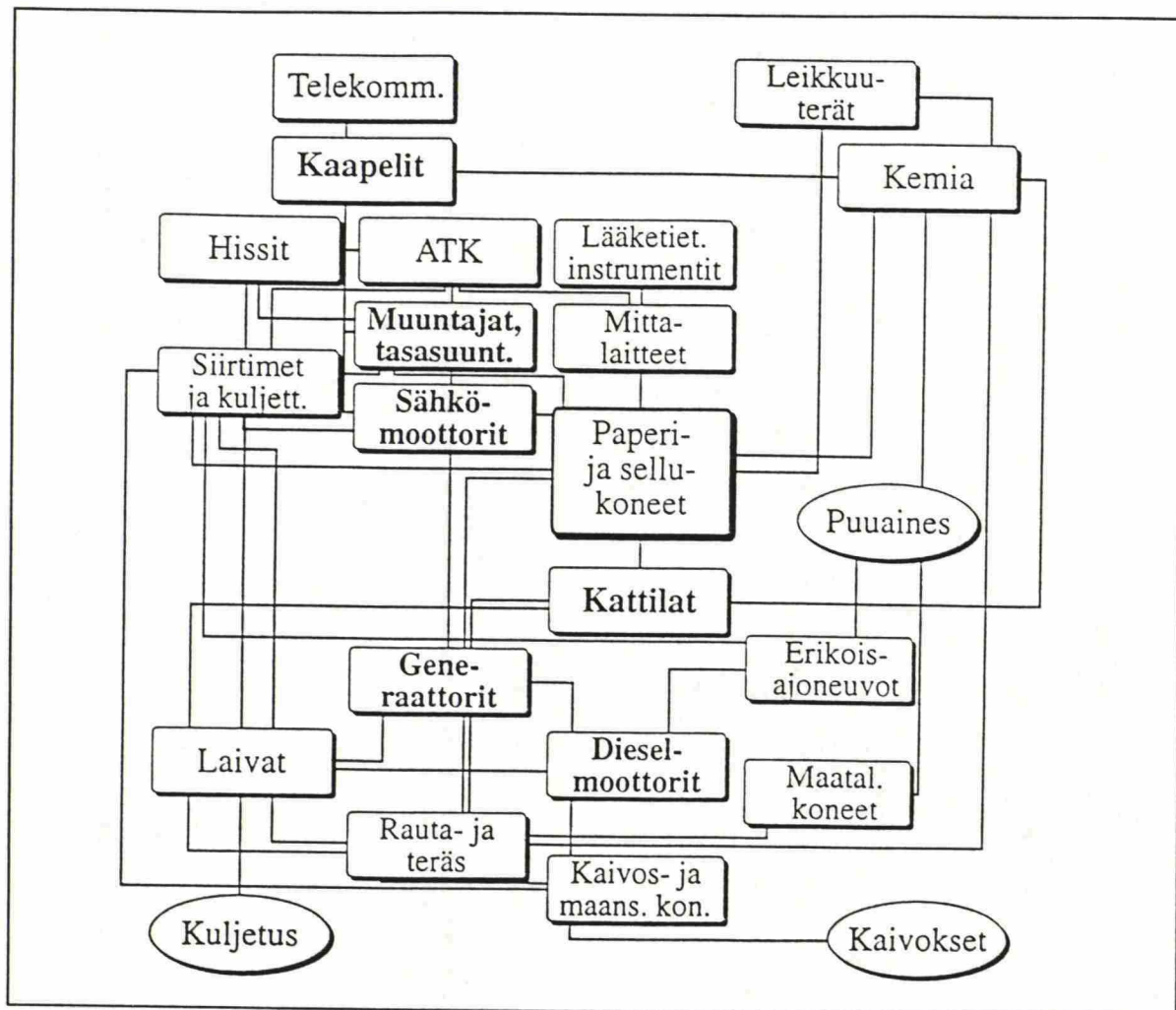
Suomalaiset energiateknologian kehittäjät muodostavat kiinteän kokonaisuuden, jonka toiminta pohjautuu energiateknologian tutkimukseen, keskinäiseen yhteistyöhön sekä laajoihin demonstraatiohankkeisiin. Energiateknologian kehittäjiä ovat valtion hallinto, tutkimuslaitokset sekä alalla toimivat yritykset. Myös energiantensiivisellä teollisuudella on osuutensa kehitystyössä. Järjestelmän voima piilee sen selkeässä rakenteessa. Tieto kulkee nopeasti ja moninkertaistaa siten tehokkuuden suhteessa sijoitettuihin voimavaroihin. Keskeinen rooli energiateknologian kehittämisessä on kauppa- ja teollisuusministeriöllä (KTM). Sillä on tärkeä asema energian tuottajien ja käyttäjien samoin kuin laitevalmistajien välisen yhteistyön koordinoinnissa. Energiateknologian tutkimusprojekteja järjestämällä KTM on onnistunut tarjoamaan osapuolille toimivan työympäristön. Teknologian kehittämiskeskus TEKES toimii KTM:n alaisuudessa ja sen tehtävänä on rahoittaa yritysten ja tutkimuskeskusten tutkimus- ja kehitysprojekteja lainojen ja takuiden muodossa. Tärkeimpänä tehtävänä on pienten ja keskisuurten yritysten tuotteiden ja tuotantomethodien kehittämisprojektien rahoittaminen. Muita energia-alan tutkimuksen rahoittajia ovat Suomen Akatemia, jonka toimialaan kuuluu lähinnä tieteellinen perustutkimus sekä SITRA (Suomen itsenäisyyden juhluvuoden 1967 rahasto), jonka tärkeimpiä tehtäviä on teknologian siirron edistäminen.¹⁵⁷

¹⁵⁵ *ibid*, 3

¹⁵⁶ Helsingin Sanomat 26.8.94

¹⁵⁷ Energy Technology... 1994, 8, 12-13

Kuva 3.17: Suomen teknologisten vahvuusalueiden riippuvuus toisistaan



Lähde: Rouvinen 1994, 99

Tutkimuslaitokset, kuten Valtion teknillinen tutkimuskeskus VTT toimivat yhdyssiteenä julkisen ja yksityisen sektorin välillä. VTT:n toimialaan kuuluu sekä tutkimus- ja koetoimintaa että julkisen sektorin ja yritysten palvelu. Yksityisellä sektorilla energiateknologian kehittäjiä on sekä energian kuluttajien että tuottajien puolella. Metsä- ja metalliteollisuus kuluttavat yli kaksikolmasosaa maamme teollisuuden energiantarpeesta. Toisaalta metsäteollisuus myös tuottaa energiaa; vuonna 1992 peräti yhdeksän prosenttia koko maan energiantarpeesta. Energiaintensiivisen metsäteollisuutemme käyttämät höyrykattilat on kehitetty Suomessa ja ne ovat menestyneet maailmalla juuri tehokkuutensa ansiosta. Myös metalliteollisuudella on osuutensa energiateknologian kehittämisessä. Yhdessä nämä kaksi teollisuudenalaa investoivat lähes neljäsosan maamme T&K-investoinneista. Energian tuotannon puolella toimii kaksi suurta voimantuottajaa: valtion omistama IVO ja teollisuuden omistama TVO.¹⁵⁸ Energiateknologian valmistajia ovat in-

¹⁵⁸ ibid, 15

noittaneet pitkälti metsä- ja kuljetusalan teollisuus. Taulukossa 3.3 eräitä suomalaisia energiateknologiayrityksiä ja niiden liikevaihdot vuonna 1992.

Taulukko 3.3: Eräitä suomalaisia energiateknologiayrityksiä ja niiden liikevaihdot vuonna 1992

Yritys	Emo	Liikevaihto, mmk	Tarjotut tuotteet / palvelut
ABB Oy	ABB	5 304	voimantuotannon, siirron ja jakelun laitteet, teollisuuden koneistus, ympäristötekniikka
Ahlstrom Machinery	Ahlström	4 364	sellukoneet ja -laitteet (ml. soodakattilat)
Ahlstrom Pyropower	Ahlström	1 116	voimalaitoskattilat
Ata	-	n. 50	mm. pienvesivoimalat
Carelcomp	-	163	mm. voimalaitostietojärjestelmät
Dativo	IVO	79	mm. voimalaitosten ATK-järjestelmät
Energia Ekono	J. Pöyry	63	energia-alan konsultointi
Energico	-	-	konsultointi
ENERMET	IVO	160	energian jakelun mittauslaitteet ja -järjestelmät
Ensto	-	700	siirto- ja jakeluverkon asennustarvikkeet
Helvar	-	-	mm. lamppujen kuristimet
IVO International	IVO	185	suunnittelu ja konsultointi
IVO Voimansiirto	IVO	321	IVOn voimasiirtoverkon käyttö, uuden verkon rakentaminen ja siirtopalvelujen myynti
Kolmeks	-	78	pumput, sähkömoottorit
Kværner Tamturbine	Kværner	n. 120	mm. pienvesivoimalat
KWH-yhtymä	-	1 048	mm. kaukolämpöputket
Lival	-	133	valaisimet
NAPS	Neste	62	aurinko- ja tuulienergiajärjestelmät
Neste kaasuryhmä	Neste	2 023	maakaasun tuonti, nestekaasukauppa, kaasutekniikan kehittäminen
Nokia kaapeli- ja koneteollisuus	Nokia	4 619	kaapelit, sähkötekniset tuotteet, kaapelikoneet
Oilon	-	-	mm. polttimet
Outokumpu	Outokumpu	65	ympäristötekniikka (mm. yhdyskunta- ja ongelmajätteen käsittely ja energiakäyttö)
Ecoenergy	-	n. 250	Sähkökoneet ja -laitteet
Reka	-	-	kiinnitys- ja sähkötarvikkeet
Sormat	-	-	kiinnitys- ja sähkötarvikkeet
Suo Oy	Vapo	0,5	turvetuotantoon liittyvät suunnittelu- ja konsultointipalvelut
Tampella Power	Tampella	1 193	sellu- ja paperiteollisuuden sekä voimantuotannon kokonaisratkaisut
Uponor	Asko	3 105	muoviputkijärjestelmät (kaasu-, vesi- ja viemäri- sekä kaapeliputket)
Valmet Automation	Valmet	902	prosessiautomaatio (osana voimalaitosten automaatiojärjestelmät)
Waterpumps	-	-	mm. pienvesivoimalat
Wärtsilä Diesel	Metra	5 089	meri- ja voimalaitosdieselmoottorit

Lähde: Rouvinen 1994, 17

3.6.4 Suomi energiateknologian luovuttajana

Suomessa on pitkäaikaista kokemusta vesivoimasta, biomassasta ja fossiilisista polttoaineista sekä ydinenergiasta. Näitä energiatekniikoita kehitetään edelleen tehokkaampaan ja ympäristöystävällisempään suuntaan.¹⁵⁹ Suomalainen teknologia on maailman johtavassa asemassa erityisesti teollisuuden vastapainevoiman ja kunnallisen kaukolämmön kehittämisessä. Ns. kombivoimalaitoksissa kaasuturbiinin jätelämpö käytetään höyryn tuotantoon. Höyryturbiinin avulla höyrystä saadaan edelleen sähköä ja kokonaishyötysuhteet ovat siten korkeita. Esimerkiksi teollisuuden käyttämissä maakaasukombivoimalaitoksissa saadaan sähköä kaksi kertaa enemmän kuin tavallisesta höyryvoimalaitoksesta. Tämä on edullista, koska sähkö on 2-3 kertaa arvokkaampaa kuin lämpö. Kombivoimalaitoksen hyötysuhde on yli 80 prosenttia ja siitä odotetaan vientituotetta. Rajoituksena on tähän asti ollut se, että maakaasu on ollut kombivoimalaitosten kohdalla käytännöllisesti katsoen ainut kannattava polttoaine. Nyt on kuitenkin kehitteillä kaasuttimia, joilla kiinteistä polttoaineista saadaan kaasuturbiiniin sopivia kaasuja. Ongelmana on vielä kaasun puhdistus, mutta sekin näyttää olevan ratkeamassa.¹⁶⁰

Kiinteän polttoaineen paineistettuun kaasutukseen perustuvaa tekniikkaa pidetään Suomessa tulevaisuuden energiantuotantomenetelmänä. Sen ilmansaasteet ovat samaa luokkaa kuin maakaasun; rikki-, typpi- ja hiukkaspäästöt voidaan eliminoida lähes kokonaan ja prosessista vapautuu merkittävässä määrin vain hiilidioksidia. Tampereella toimiva Enviropower uskoo tällä hetkellä olevansa lähimpänä biomassan kaasutuksen kaupallista sovellusta.¹⁶¹

Suomalainen energiateknologia on kehittynyt monipuoliseksi, koska raaka-aineiden niukkuus ja tuontipolttoaineiden riskit ovat pakottaneet käyttämään polttoaineiden suhteen mielikuvitusta. Esimerkiksi Ahlströmin uuden kattilatyypin Pyroflow Compactin testeissä on kokeiltu peräti 520 eri polttoainetta. Kattila on ns. leijukerroskattiloiden kehityksen kärkeä. Ahlström on hallinnut alaa yhdessä Tampellan kanssa jo useamman vuoden ajan keskenään kilpaillen. Uutuuskattila keksittiin 1989 pitkän kehittelyn ja oivalluksen perusteella. Ensimmäiset kaupalliset sovellutukset on asennettu kotimaahan ja niistä saatujen kokemusten perusteella kattilasta odotetaan maailmanlaajuisia kaupallista menestystä.¹⁶²

Leijukerroskattiloiden ja toisen suomalaisen teknologisen saavutuksen, mustalipeän

¹⁵⁹ Uusi energiatekniikka 1992

¹⁶⁰ Ukkola 1994, 56-57

¹⁶¹ Paananen 1993

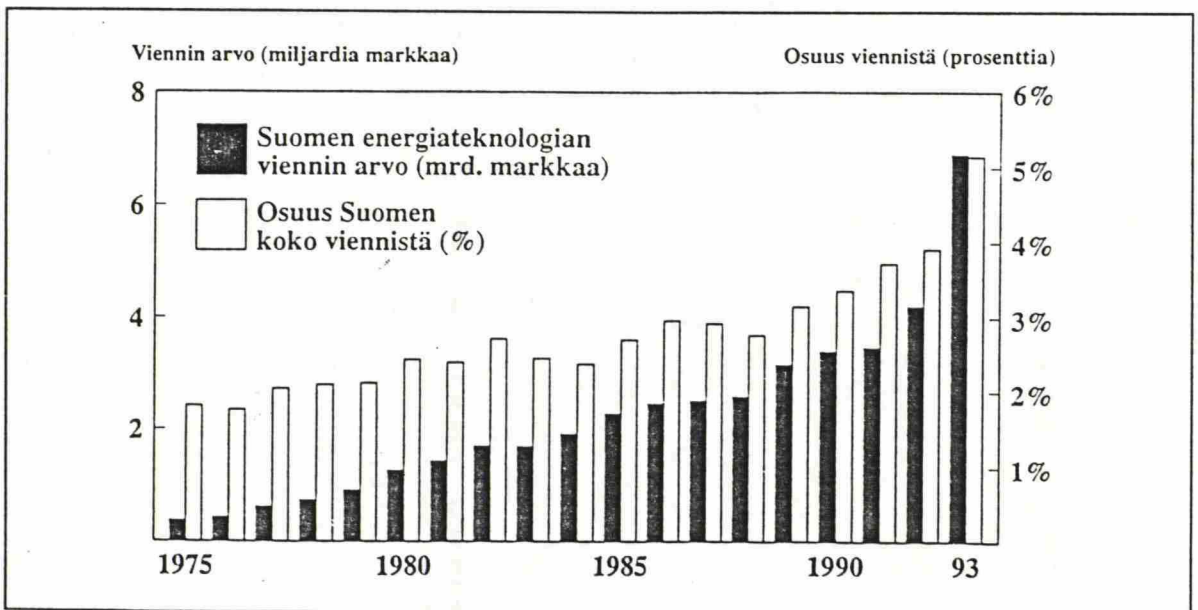
¹⁶² Ukkola 1994, 57

käsittelyn kehitys perustuu kotimaisen teollisuuden tarpeisiin. Molemmat ovat syntyneet puunjalostusteollisuuden tarpeiden kylkiäisinä. Selluntuotannon jätteenä syntyvän mustaliipeän polttokattilamarkkinoista Ahlström ja Tampella hallitsevat yli kolmasosaa. Myös dieselvoimalaitoksissa käytettävien raskaiden moottoreiden markkinoilla Suomi on maailman kärjessä. Wärtsilä Dieselin markkinaosuus on noin yksi kuudesosa. Niin ikään Suomen ABB:n sähkömoottoreista ja niiden ohjaustekniikasta on kehittynyt merkittävä vientituote. Suomen markkinoita ajatellen on kehitetty mm. pienehköjä turpeesta ja hakkeesta sähköä ja lämpöä tuottavia kaasutusgeneraattori-turbiiniyhdistelmiä. Sopivia kohteita on kotimaassa 20-30 ja tulevaisuudessa mahdollisesti ulkomailla lisää.¹⁶³

Vielä energian tuotantokoneita paremmin myydään maailmalle suomalaista energia-alan taitotietoa. Käytännössä suomalaisen tiedon vienti edistää usein myös suomalaisten komponenttien vientiä. Tuore esimerkki tästä on IVO:n osuus suurvoimalan rakentamisesta Isossa-Britanniassa.

IVO johtaa Isossa-Britanniassa yli kolmen miljardin markan rakennustöitä ja hoitaa voimalaitoksen valmistuttua sen käyttö- ja kunnossapitotyöt. Jaakko Pöyry -yhtiöihin kuuluva Energia Ekono konsultoi puolestaan kaukolämmön rakentamisesta niin Kiinassa ja Koreassa kuin useissa Euroopan maissa. Koreassa on kehitelty lisäksi uutta teknologiaa, jossa kaukolämpöjärjestelmä muuttuu kuumien kesien ajaksi jäähdytysjärjestelmäksi. Kaakkois-Aasiassa selvitetään myös turpeen ja puujätteen energiakäyttöä.¹⁶⁴

Kuva 3.18: Suomen energiateknologian viennin arvo ja osuus kokonaisviennistä



Lähde: Rouvinen 1994, 14

¹⁶³ ibid

¹⁶⁴ ibid, 57-58

Vanhojen tekniikoiden parantamisen ohella kehitetään Suomessa myös uutta energiatekniikkaa. Uudella energiatekniikalla tarkoitetaan ei-konventionaalisia, ympäristövaikutuksiltaan vähäisiä ja uusiutuviin energialähteisiin tai uusiin polttoaineisiin perustuvia sähkön tuotantotekniikoita. Tällaisia ovat mm. aurinko-, tuuli-, geoterminen, aalto-, polttokenno- ja sähkön varastointitekniikka. Näistä parhaiten Suomelle soveltuvia ovat lähinnä tuulivoima, aurinkosähkö, polttokennovoimalaitokset, pienvesivoima ja sähkön varastointitekniikoista erityisesti akkuvarastointi.¹⁶⁵

Uuden energiateknologiasukupolven odotetaan pitkällä aikavälillä monipuolistavan energian tuotantorakennetta, vaikka se ei ratkaisekaan energiakysymyksiä nykytilanteessa. Kun tuuli- ja aurinkotekniikan tuotanto kasvaa, alkavat suuren mittakaavan edut laskea kustannuksia. Myös tekniset parannukset pudottanevat tuotetun energian hintaa. Tuulivoiman arvioidaan Suomessa tulevan taloudellisesti kannattavaksi vuosikymmenen lopussa. Jo nyt suomalaiset yritykset vievät tuulivoimalaitteita, esimerkiksi generaattoreita ja lapamateriaaleja. Laitteita valmistavat Valmet, ABB Strömberg, Kumera sekä A. Ahlström. Alihankintojen arvo on tähän mennessä puoli miljardia markkaa. Aurinkosähköjärjestelmien osalta Suomessa valmistetaan kaikkia pääkomponentteja. Esimerkiksi Neste Oy Napsilla on jälleenmyyjiä yli 40 maassa.¹⁶⁶ Kaiken kaikkiaan suomalaista energiatekniologiaa viedään nykyisin yli 140 maahan ja sen arvo ylitti öljyn tuonnin arvon 1992. Näin energiateknologia on noussut paperi- ja metalliteollisuuden rinnalle maamme tärkeimpien vientialojen joukkoon.

¹⁶⁵ Uusi energiatekniikka 1992

¹⁶⁶ Perttu 1994, D1

4 VALTION ROOLI SUOMEN ENERGIA TEKNOLOGISESSA MUUTOKSESSA

Valtiolla on Suomessa teknologiakehityksen edistämisessä ja teknologian siirron onnistumisessa erittäin keskeinen taustavaikuttajan rooli. Energiataloudessa valtion osuus korostuu erityisen voimakkaasti, johtuen energia-alan yhteiskunnallisesti strategisesta asemasta ja energiateknologian tutkimus- ja kehitystyön suuria pääomainvestointeja vaativasta luonteesta. Maamme tutkimusresurssit eivät ole milloinkaan riittäneet kuin murto-osaan teknologisen kehityksen vaatimasta tutkimustyöstä, tämä on todellisuutta niin energiateknologian kuin muidenkin teknologia-alojen kohdalla. Teknologian siirto on siten ollut useimmissa tapauksissa ainoa keino teknologisen kuilun kaventamiseksi ja kansainvälisessä teknologiakehityksessä mukana pysymiseksi. Valtion vaikutuskeinot energiateknologian siirron edellytyksiin jaetaan tässä luvussa neljän pääotsikon alle. Luvussa 4.1 käsitellään valtion energiapolitiikan suhdetta energiahuollon kehityslinjoihin; luvussa 4.2 selvitetään valtion energiayhtiöiden osuutta energiateknologian siirrossa Suomeen; luvussa 4.3 käsitellään maamme teknologiapolitiikan kehitystä ja luvussa 4.4 valtion roolia energiatutkimuksen rahoittajana.

4.1 Energiapolitiikka¹⁶⁷

Energiapolitiikka on ollut Suomessa käsitteenä kiistelty ja nykyisinkin sen käyttö on hyvin kirjavaa. Karjalainen (1989) määrittelee energiapolitiikan julkisen vallan harjoittamaksi tavoitteelliseksi toiminnaksi, jonka tarkoituksena on vaikuttaa ja/tai ohjata energiataloutta. Pyrkimyksenä on vaikuttaa siihen, millaisille energiaraaka-aineille, tuotantoteknologialle ja käyttöperiaatteille energiatalous ja yleensä taloudellinen infrastruktuuri perustuvat. Karjalaisen mukaan energiapolitiikkaa ei olla Suomessa sanan varsinaisessa mielessä juurikaan harjoitettu. Puuttumaan ovat jääneet etupäässä pitkän aikavälin tavoitteellisuus sekä poliittinen päätöksenteko, joka on useimmiten korvattu hallinnollisella päätöksenteolla.¹⁶⁸ Kuitenkin käsitettä energiapolitiikka käytetään yleisessä kielen käytössä melko väljästi ja myös valtion virkamiesten harjoittamasta hallinnollisesta ohjauksesta. Koska sekä poliittinen että hallinnollinen päätöksenteko kuuluvat julkisen vallan energiatalouteen kohdistamaan ohjaukseen, jota tämän luvun on kokonaisuudessaan tarkoitus selvittää, ei ole katsottu tarkoituksenmukaiseksi paneutua käsite-epäselvyyteen.

¹⁶⁷ Luvun sisältö perustuu pääosiltaan lähteeseen Karjalainen 1989, 658-745

¹⁶⁸ Karjalainen 1989, 85-88

4.1.1 Energiapolitiikan linjat ennen energiakriisiä

Valtio poisti merkantilistiset rajoitteet eri elinkeinoilta, ja elinkeinonvapaus astui voimaan 1880-luvulla. Yhteiskunnallinen muutos merkitsi mm. vapaata yrittäjyyttä sekä työvoiman ja pääoman vapaata liikkuvuutta. Paikkaan sidottu energian omavaraiskäyttö väistyi kaupallisen tuotannon, jalostuksen, siirron ja jakelun tieltä. Seurauksena oli tuotannon ja kulutuksen eriytyminen ja työnjaon lisääntyminen niin kansallisella kuin kansainväliselläkin tasolla. Valtiollisesta holhouksesta luopuminen loi edellytykset energian koneelliselle suurteollisuudelle ja yleisesti ottaen kapitalistisen tuotantotavan leviämiseksi yhteiskunnassa. Valtion harjoittamat toimet johtivat vähitellen energiatalouden kaupallistumiseen. Vaikka valtiovalta ei enää ohjannut ja holhonnut yrittäjien toimintaa energian tuotannossa, aiheuttivat alan toimintojen yhteiskunnalliset vaikutukset yhä valtion sääntelyn tarpeen. Yrittämisen vapaudesta huolimatta tarvittiin valtion sääntelyä mm. lakien ja asetusten muodossa sekä edellisten noudattamista valvovia viranomaisia.

Energiapolitiikan hallitsevin piirre lähes koko teollisen yhteiskunnan ekstensiivisen kehityksen ajan oli Suomessa sääntely. Tyypillisiä piirteitä olivat energiamuotoihin kohdistuneet lait, valtion osallistuminen energian tuotantoon omistamiensa energiayhtiöiden ja ns. sekayhtiöiden kautta sekä säännöstely. Maamme itsenäistyminen antoi valtiolle uusia mahdollisuuksia energiapolitiikan harjoittamisen suhteen. Energiapolitiikan yhdeksi tärkeimmäksi päämääräksi nousi energian tuotannon omavaraisuusasteen lisääminen. Energhiahuollon omavaraisuuteen kannusti valtion pääomapula, jonka vuoksi tuontipolttoaineita jouduttiin korvaamaan kotimaisilla sovelluksilla. Sotien välisenä aikana hallitus korosti taloudellisen nationalismien merkitystä Suomen talouden kehittämisessä ja tämä linja näkyi myös energia-alalla. Valtiovallan taholta pyrittiin siihen, että Suomen energiavarat säilyivät kotimaisessa käytössä eikä voimalaitosten ulkomaista omistusta siten pidetty suotavana.¹⁶⁹

Bernhard Wuolle (liikenneministeri 1918-19) oli yksi valtion energiapolitiikan vahvoja vaikuttajia sotien välisenä aikana. Hänen ajatuksensa oli Vuoksen, Kymi- ja Kokemäenjoen voimantuotannon yhdistäminen yhteen siirtoverkkoon. Vuosien 1905-1940 välillä hän oli yksi johtavista suomalaisista sähkötekniikan asiantuntijoista. Hän oli kansainvälisesti valveutunut henkilö, ja omaksui innolla Keski-Euroopassa kehitettyjä alan innovaatioita. Sotien välisenä aikana hän oli mukana maamme kaikissa tärkeimmissä sähköön liittyvissä projekteissa. Innovaattorina ja asioista perillä olevana henkilönä hän oli perustamassa useampia yrityksiä, joista mainittakoon mm. Etelä-Suomen Voima Oy 1917, Oy Yleisradio Ab 1926 sekä VTT 1941. Lisäksi hän vaikutti monissa alan komiteoissa ja toimi konsulttina useissa projekteissa.¹⁷⁰

¹⁶⁹ Myllyntaus 1991, 79

¹⁷⁰ ibid, 77-78

Valtiovallan osuus ja rooli energiataloudessa kasvoi sekä hallinnollisella että taloudellisella sektorilla toisen maailmansodan aikana ja sen jälkeen. Sodan aikana vallinneen säännöstelytalouden seurauksena korostui valtion hallinnon rooli. Julkisen ja yksityisen sektorin välinen kitka väheni ja yhteistoiminta lisääntyi mm. sekayhtiöiden muodossa. Sodan jälkeen valtion osuus sähkön tuotannossa alkoi teollisuuden ja yksityisyrittäjien rinnalla kasvaa. Julkisen vallan lisääntyvä kiinnostus sähköhuollon valtakunnallisesta ohjaamisesta kannusti teollisuutta ja kunnallisia sähkölaitoksia keskinäiseen yhteistyöhön. Sähköala tiivistä rivejään uuden sähkölain säätämisen myötä ja seurauksena oli Sähkön tuottajien yhteistyövaltuuskunnan (STYV) perustaminen. STYV lisäsi sähköntuottajien keskinäistä itseohjausta ja minimoi uuden sähkölain tarjoamat ohjausmahdollisuudet julkiselta vallalta ja politiikalta. Yhteiskunnallisen ohjauksen rajoittamiseksi ja sen korvaamiseksi myös valtionyhtiöt osallistuivat mielellään yhteistyöhön markkinaperustaisten toimijoiden kanssa. Energiatalouteen kohdistuvassa päätöksenteossa alkoi kasvaa tietynlainen asiantuntijakeskeinen vaikuttaminen politiikan kustannuksella. Tapahtumat olivat seurausta hallinnon ja energiatalouden välisen epäinstitutionaalisen kommunikaation lisääntymisestä. Valtion ohjausmahdollisuudet perustuivat lähinnä sääntelyyn, eivätkä parlamentaarisen politiikan ja hallinnon ohjausmahdollisuudet tämän kehityksen myötä juurikaan kasvaneet.

Taloudellinen nationalismi ja omavaraisuuspyrkimykset ovat ohjanneet valtion energiapolitiittista linjaa pitkään. Voimalaitosrakentamisen osalta valtio keskittyi vahvasti vesivoimaan sekä muiden kotimaisten polttoaineiden käytön edistämiseen. Taustalla oli ajatus, että kaikki mahdolliset kotimaiset energialähteet on hyödynnettävä ennen energiatalouden kansainvälistymisen sallimista. Poliittisen ohjauksen tasolla on kuitenkin epäselvää, mikä energiahuollon rakentamisprosessissa ja säännöstelyssä johtui energiatalouteen liittyvistä syistä ja mitkä toisaalta työllisyys-, suhdanne- ja maatalouspoliittisista syistä. Etenkin vesivoimahankkeiden yhteiskunnallinen merkitys oli kerrannaisvaikutuksineen niin mittava, että konsensus niiden kohdalla oli ilmeisen suuri. Kaiken kaikkiaan ulkomaisten polttoaineiden kilpailun estäminen kotimaisten kanssa johti siihen, että osallistuminen kansainväliseen työnjakoon energiatalouden kohdalta viivästyi.

Energiapolitiikan kansallinen linja säilyi toisen maailmansodan jälkeenkin, vaikka Suomeen alettiin tuoda lisääntyvässä määrin öljyä Neuvostoliitosta. Tämän mahdollisti idänkaupan bilateraalin muoto, joka teki öljystä lähestulkoon kotimaisen polttoaineen. Poliitiikan ja hallinnon osuus ylitti eräällä tavalla yritystason, sillä öljyn siitä lähtien hyvin keskeinen rooli maamme energiahuollossa johtui paljolti ulkomaankauppapolitiikan ja ulkopoliitiikan penetraatiosta energiatalouteen, ei niinkään energiapolitiittisesta strategiasta. Öljyn tuontia seurasi maamme energiatalouden kansainvälistyminen, joka heijastui kantaverkon kytken-

nöissä naapurimaiden verkostoihin. Sähkön siirron ulkomaille minimoinut laki kumottiin ja korvattiin uudella ja joustavammalla osoituksena osallistumisesta kansainväliseen työnjakoon uusin ehdoin. Säännöstelytalouden purkaminen ja siirtyminen vapaakauppaan 1950-luvun lopulla edustivat myös uusimuotoisuutta ja irtoamista "kansallisista" korostuksista. Kyseessä oli siirtymävaihe, jossa omien energialähteiden ehtyminen pakotti valtion suuntaamaan katseensa mm. ydinenergiaan. Energiataloudessa vapautuivat lisääntyvässä määrin markkinavoimat ja yritysten asema politiikkaan nähden jatkoi vahvistumistaan.

Energiatalouden itseohjaus lisääntyi entisestään 1960-luvulla. Energiatalous ja hallinto lisäsivät keskinäisiä yhteyksiään, mutta politiikan ohjaamia ne eivät olleet. Valtion harjoittamat sääntelevät toimenpiteet eivät ohjanneet energiatalouden kokonaisuutta, vaan pikemminkin päinvastoin; talouden kehitys ohjasi politiikkaa ja politiikka enintään myötävaikutti kehitykseen joka muutenkin oli tapahtumassa. Politiikka mukautui talouden ja teknologian kehitykseen, muovasi niille tietyt toiminnalliset ehdot ja valvoi niiden noudattamista. Julkinen valta antoi siis puitteet, joiden sisällä energiatalous ohjasi itse itseään markkinavoimiin ja jaettujen resurssien hyväksikäyttöön tukeutuen. Tuotanto-voimien kehitystä seurasi uudenlainen tekniikka, jolle luotiin toimintasäännöt tarpeen mukaan. Julkinen valta ei rajoittanut energian eri tuotannonalojen välillä käytyä kilpailua eikä pyrkinyt ohjaamaan tai suuntaamaan sen paremmin tuotantoa kuin kulutustakaan.

4.1.2 Energiapolitiikka energiakriisin jälkeen

Energiatalouden ja energiamarkkinoiden kansainvälistyminen sekä 1970-luvun alun energiakriisi kannustivat valtiota muutoksiin ja uudelleenjakoon Suomen energiahuollon suhteen. Energiamarkkinoiden kansainvälistyttyä ja politisoiduttua samalla kun kapitalismin ekstensiivisen kasvu muuttui Suomessa intensiiviseksi, muodostui kotimaisten ja ulkomaisten energialähteiden välisestä suhteesta keskeinen kysymys. Valtion taholta alettiin huolestua energiatalouden yksipuolisuudesta sekä energia-alan aiheuttamista negatiivisista vaikutuksista luonnossa ja yhteiskunnassa. Ongelmat keskittyivät ekologisiin, teknistaloudellisiin, sosiaalisiin ja lopulta myös poliittisiin osa-alueisiin. Energiatalouden kokonaisuus ja resurssijako joutuivat uudelleenarvioinnin kohteeksi ja voidaankin sanoa, että vasta tuolloin alkoi energiatalouden kokonaisvaltainen poliittinen ohjaus. Enää ei haluttu tyytyä mukailemaan energiatalouden omaehtoista, markkinavoimiin perustunutta kehitystä, vaan ohjata ja muuttaa energiataloutta kokonaisuutena. Karjalaisen (1989) mukaan harjoitetun energiapolitiikan sisällöksi muodostui eriaisteiset ohjauksen muodot: suostutteleva, sovitteleva, palkitseva ja pakottava ohjaus.

Suostutteleva ohjaus koostuu tiedottavasta- ja organisaatio-ohjauksesta. Tiedottavan ohjauksen muotoja ovat mm. hallitusohjelmat, hallituksen hyväksymät energiapoliittiset ohjelmat, hallituksen tiedonannot, ilmoitukset ja selonteot eduskunnalle. Organisaatio-ohjauksen piiriin kuuluvat osallistuminen ja myötävaikuttaminen ns. sivuelinorganisaatioissa. Vaikka energiaan liittyvät seikat ovat olleet esillä hallitusohjelmissa jo pitkään, mainittiin sana energiapolitiikka ensimmäisen kerran hallitusohjelmatasolla vasta 1972. Tämän jälkeen energiapoliittisia asettamuksia liittyikin lähes jokaisen hallituksen ohjelmaan. Energiapoliittiset ohjelmat laatii Suomessa 1977 perustettu energiapolitiikan neuvosto. Ohjelmat muodostavat perustan Suomessa harjoitettavalle energiapolitiikalle ohjaamalla valtion viranomaisia energiapoliittisissa toimissa ja seurannassa. Sisällöllinen tarkistus ohjelmiin tehdään viiden vuoden välein. Ohjelmien toteutus kuuluu myös hallituksille, mutta vaikeutena on se, että ohjelmat hyväksynyt hallitus ei yleensä istu ohjelman koko voimassaoloaikaa. Käytäntö on osoittanut, että pelkästään energiapoliittiset ohjelmat eivät voi toimia pakotteina energiatalouden ohjauksissa.

Julkinen valta voi harjoittaa *sovittelevaa ohjausta* organisaatioissa, joita ovat valtioneuvoston asettamat sivuelinorganisaatiot, kuten komiteat ja toimikunnat sekä niitä pysyväisluontoisemmat neuvottelukunnat, lautakunnat ja neuvostot. Energia-alan pysyvistä, energiapoliittisesti merkittävistä sivuelinorganisaatioista voidaan mainita parlamentaarinen energiapolitiikan neuvosto, sähköhuollon neuvottelukunta sekä atomienergianeuvottelukunta. Sovittelemalla voidaan ennakolta välttyä eri instanssien välisiltä konflikteilta tai säännellä niitä tavalla tai toisella. Esimerkkinä KTM:n sovittelevasta roolista voidaan mainita valtionyhtiöiden IVO:n, Nesteen ja VAPO:n välisen kilpailun hillintä ja sovittelu kilpailtaessa yhä kapeammista uusista markkinaosuuksista ja entisten uudelleen jaosta kylästätyillä markkinoilla sekä.

Palkitsevalla ohjauksella on pyritty selkeästi ja tavoitteellisesti energiataloudellisen järjestelmän muuttamiseen. Palkitseva ohjaus tapahtuu lähinnä resurssiohjauksena, jonka ohella energiataloutta ohjataan pitkälti verohelpotuksin. Kokonaisuutena palkitseva ohjaus keskittyy pääosin kotimaisten energialähteiden käytön edistämiseen. Energiaverotuksessa on säilynyt mm. periaate, jonka mukaan kotimaiset polttoaineet on pidetty polttoaineverotuksen ulkopuolella. Energiaverotoimikunta on kuitenkin todennut, että energiaverotus ei voi Suomessa muodostaa energiapolitiikan keskeistä keinoa ja että veropoliittiset päätökset ovat vaikuttaneet energian kulutukseen paljon vähemmän kuin kansainväliset hintatason muutokset. Hintojen muutoksella puolestaan voidaan vaikuttaa energiatalouteen kahdella tavalla; lyhyellä aikavälillä reaalihinnan nousu laskee kulutusta ja pitkällä aikavälillä energian suhteellinen hinta vaikuttaa tuotantoteknologian ja tuotantorakenteen

kehitykseen. Hintapolitiikkaan verrattavissa ovat myös energiainvestointien avustukset ja muu julkinen rahoitus. Avustuksia on myönnetty energian säästöön, kotimaisen energian käyttöön ja koetoimintaan energiateknologian kehittämiseksi sekä energiatalouteen ja ympäristövaikutuksiin liittyvillä alueilla. Myös *pakottavan ohjauksen* keinot on keskitetty lähestulkoon kokonaan kotimaisten polttoaineiden käytön edistämiseen. Varsinaista systemaattista pakottavaa ohjausta ei ole maassamme kuitenkaan juuri sovellettu. Ainoana poikkeuksena voidaan mainita ydinvoimalaitoksen rakentamiseen liittyvä kiista IVO:n ja valtioneuvoston välillä. IVO:a kehoitettiin tuolloin ryhtymään toimenpiteisiin voimahuollon turvaamiseksi vuoden 1975 loppuun saakka konventionaalisin keinoin. Kyseessä oli tällöinkin vain tilapäinen ohjauskeino.

Energiapoliittiset toimenpiteet ovat Suomessa liittyneet yhtäältä energiakriisiin ja uusiutumattomien luonnonvarojen riittävyyteen sekä toisaalta tietynlaiseen kriisiin teollisen yhteiskunnan sisällä, kasvun hidastuessa ja talouden kriisialttiuden kasvaessa. Markkinatalousmaissa politiikan kyky ohjata taloutta saattaa olla melko rajallinen, sillä säännöstelyn avulla ohjattu järjestelmä ei tarjoa kovin hyviä edellytyksiä energiatalouden resurssien uudelleen jakoon. Suomalaisen energiapolitiikan ohjausmekanismit ja keinot, ja etenkin niiden sovellutus on ollut lähinnä energiataloutta sääntelevää ohjausta. Energiatalouden resurssien uudelleen jako on ollut Suomessa melko laimeaa ja suostuttelevaa toimintaa, hallinnollista sovittelua ja palkitsemista. Näin on lähinnä vahvistettu energian hinnan nousun ja taloudellisen kasvun hidastumisen seurauksena tapahtunutta energiatalouden omaehtoista kehitystä. Energiapolitiikalle ei oltu Suomessa vielä 1980-luvun loppuun mennessä löydetty sellaista ohjausideologiaa ja strategiaa, johon olisi ollut luotavissa tehokas ohjausmekanismi. Passiivisesta energiapolitiikasta ei kädenkäänteessä syntynyt aktiivista energiapolitiikkaa.

4.1.3 Energiapolitiikan linjat 1990-luvulla

Suomen viimeisin energiapoliittinen suunnanveto on kansallinen energias strategia, joka valmistui 1991. Strategia on valtiiovallan taholta tuleva kannanotto, jonka pohjalta toimien pyritään vaikuttamaan monin tavoin energia-alan osapuolten toimintaan. Energiataloutta kehitetään lähivuosina pitkän aikavälin tavoitteiden ja niitä tukevan toimintalinjan avulla. Kansallisessa energiasstrategiassa asetetaan energiahuollon keskeisimmiksi tavoitteiksi varmuus, taloudellisuus ja tehokkuus sekä turvallisuus ja hyväksyttävyys ympäristön kannalta. Tarkoituksena on edistää yhteiskunnan toimin energiatalouden tavoitteiden saavuttamista jos markkinat eivät jollain osa-alueella toimi tehokkaasti tai eivät kokonaisuuden kannalta johda suotavaan tulokseen. Samalla kuitenkin todetaan, että päätök-

set energiatalouden kehityksestä tekevät viime kädessä energian käyttäjät, tuottajat sekä muut alan osapuolet markkinatilanteessa.¹⁷¹

Suomen energiapolitiisissa ratkaisuihin on otettava huomioon Euroopan yhdentymisen aiheuttamat muutokset ja vaikutukset. Tältä osin strategiassa ehdotetaan aktiivista vaikuttamista energia-alan kansainväliseen kehitykseen. Yleisesti voidaan sanoa, että Suomen harjoittama energiapolitiikka tähtää nykyisellään pääpiirteiltään samoihin päämääriin kuin EU, eli kilpailun lisäämiseen, energian säästöön ja energian käyttöön liittyvään, ennen kaikkea ympäristöystävällisemmän energiateknologian tutkimus- ja kehitystyöhön. Tämän ohella Suomi pyrkii jälleen kotimaisten energialähteiden käytön edistämiseen ja tuontiriippuvuuden vähentämiseen.¹⁷²

Energiapolitiisten toimenpiteiden toimeenpano ja koordinointi kuuluu nykyisin kauppa- ja teollisuusministeriön energiaosastolle. Lisäksi monet muut eri ministeriöiden alaiset elimet, kuten ympäristöasiain neuvottelukunta, vesihallitus, asuntohallitus, VTT, SITRA, ja Säteilyturvakeskus ovat osallistuneet energiapolitiikan ohjaukseen ja toteuttamiseen. Energiapolitiikan konkreettisimmat tulokset on saatu investointiavustuksista ja tutkimuksen tukemisesta.¹⁷³ Erityisesti ympäristötavoitteet vaativat toimia jo lyhyellä tähtäimellä eli vuoteen 2000 mennessä. Muutokset esim. uuden tekniikan alalla ovat mahdollisia ja merkittäviä vasta pitkällä aikavälillä. Jotta energiateknologian ja koko energiatalouden kehitys olisi tulevaisuudessa halutun suuntainen on strategiset valinnat tehtävä ilman tarpeettomia viiveitä.¹⁷⁴

4.2 Valtion energiayhtiöt ja niiden osuus energiateknologian siirrossa Suomeen

Energiayhtiöiden perustaminen on Suomessa tapahtunut tapaus kerrallaan, eikä valtiolla ole koskaan ollut minkäänlaista koordinoitua teollisuuspoliittista ohjelmaa niiden suhteen. Ajan myötä valtiolla on kuitenkin ollut useampiakin tavoitteita, joita se on pyrkinyt saavuttamaan osallistumisellaan energian tuotantoon. Tärkeimpiä ovat olleet:¹⁷⁵

- infrastruktuurin rakentaminen pääomaköyhään maahan,

¹⁷¹ Suomen energiastrategia 1991, 11; SLY VK 1991, 10-11

¹⁷² Energiakomitean mietintö 1989, 41; SLY VK 1991, 3

¹⁷³ Energiakomitean mietintö 1989, 44

¹⁷⁴ Suomen energiastrategia 1991, 11

¹⁷⁵ Karjalainen 1989, 668

- yksityisen sektorin epätäydellisen toiminnan täydentäminen,
- taloudellissocialistiset tekijät ja omavaraisuuteen pyrkiminen sekä
- kansainvälisten kriisien varalta tehdyt markkinahäiriöiden estämiseen tähdänneet toimet.

Yleinen ilmapiiri ei alun alkaen ollut kaikin osin suosiollinen valtion yritysten perustamiselle. Tästä on osoituksena se, että vaikka valtiolla olisi jo ensimmäisen maailmansodan jälkeen ollut halukkuutta monipuoliseen yhteistoimintaan yksityisen sektorin kanssa ei yhteistoiminta tuolloin ulottunut energian tuotantoon. Vasta Imatran rakentaminen ja erityisesti sähkön kantaverkon muodostaminen saattoi alkuun valtion ja yksityisten yritysten yhteistoiminnan. Valtion tuotantoon osallistumiseen ja sekayhtiöiden perustamiseen vaikuttivat sekä maassamme vallinnut pääomapula että kapitalismin kehittymättömyys. Kun pelkkä sääntely ei riittänyt teollisen yhteiskunnan tuotannollisen perustan luomiseen, täytyi valtion lisäksi osallistua sekä tuotantoon että ryhtyä yhteistoimintaan yksityisten kanssa. Valtio toimi yrittäjän roolissaan tavallaan kapitalismin "kättilönä"; valtion teollinen toiminta ei varsinaisesti rajoittanut yksityistä sektoria, vaan pikemminkin täydensi ja toisaalta edisti sitä infrastruktuurin luojana ja perusedellytysten tarjoajana. Samalla valtion tuotannollinen toiminta edisti ja loi kysyntää kotimaiselle teknologialle.¹⁷⁶

Valtionyhtiöiden perustamisen mahdollistanut laki tuli voimaan 1931 ja irrotti siten valtiollisen energiantuotannon parlamentaarisesta poliittisesta ohjauksesta. Lukuunottamatta perustamispäätöksiä valtio ei ole sekaantunut energiayhtiöidensä liiketoimintaan. Harjoitettu energiapolitiikkakin on ollut suhteellisen voimaton valtionyhtiöihin nähden. Varsinaisia ristiriitoja yritysten ja julkisen vallan välille ei ole kuitenkaan energiataloudellisissa ja yritysperustaisissa linjakysymyksissä muodostunut. Yleisen edun filosofia ei ole joutunut kovinkaan suuriin ristiriitoihin yritysten liiketaloudellisten lainalaisuuksien ja tavoitteiden kanssa.¹⁷⁷

Yhteiskunnan kapitalisoituminen loi valtionyhtiöiden toiminnalle uudenlaiset ehdot, joihin liittyi tulosvastuu, Efta- ja EEC-sopimusten seurauksena vapautuneet markkinavoimat ja kiristynyt kansainvälinen kilpailu. Lisäksi voidaan mainita vuonna 1983 tehty valtioneuvoston päätös, joka edellytti liiketaloudellista kannattavuutta toiminnallisen legitimitietin perusteeksi. Näin valtionyhtiöt irtosivat lopullisesti alkuperäisestä osittain ei-kapitalistisesta luonteestaan ja niiden toiminta muuttui täysin markkinavoimiin perustuvaksi. Mm.

¹⁷⁶ *ibid*, 672, 679-680

¹⁷⁷ *ibid*, 669, 736-737

tytär-yhtiöiden perustamisesta muodostui uusi keino tuotantoon osallistumiselle. Ilman perustamiseen liittyviä institutionaalisia viiveitä ne tarjoavat emoyhtiöille mahdollisuuden hakeutua uusille alueille jo ennestäänkin vähäisen poliittisen ohjauksen ulkopuolelle.¹⁷⁸

Ilmeistä on, että valtion suuret energiayhtiöt ovat syntyneet osittain suurten kansallisten ja kansainvälisten kriisien seurauksena. Tehtyjä ratkaisuja ei ole sittemmin purettu, sillä kriisien aikana ilmenneet epäkohdat on ratkaistu keinoilla, jotka ovat pakottaneet valtion organisointitoimenpiteisiin myös olojen rauhoituttua. Tämä pätee enemmän tai vähemmän niin IVO:on, Nesteen kuin VAPO:onkin tapauksessa. Vaikka valtion osallistuminen tuotannolliseen toimintaan ei epäilemättä suoraan ohjannutkaan yksityistä sektoria, loi sen olemassaolo edellytykset teolliselle tuotannolle ohjautua esim. energiavalinnoissa tiettyyn tuotannolliseen teknologiaan. Nykyisin valtion energiantuotantoon osallistumisen ehdot ovat joiltain osin toiset kuin itsenäistymisen alkuaikoina. Suomalaisen kapitalismin ekstensiivinen vaihe on päättynyt, eikä poliittinen ilmasto ole suosinut uusien valtion-yhtiöiden perustamista. Samalla entiset ovat kuitenkin monimuotoistaneet toimintaansa mm. yritysostojen kautta. Tuotantoon osallistumisen sijaan valtio joutuu nykyisin kantamaan vastuuta mm. yksityisten energia-alalla toimivien yrittäjien rahoitusriskeistä.¹⁷⁹

4.2.1 Imatran Voima Oy

IVO:lla on voimayhtiönä yli 60 vuoden kokemus erilaisten voimalaitosten ja voimansiirto-verkkojen suunnittelusta, rakentamisesta, käytöstä ja kunnossapidosta. Alan pioneerinä Suomessa se on joutunut itse kouluttamaan asiantuntijoita ja kehittämään Suomen vaihteleviin olosuhteisiin soveltuvia teknologisia ratkaisuja.¹⁸⁰ Imatran Voiman teknistaloudellinen tutkimustoiminta alkoi jo ennen yhtiön perustamista. Imatran voimalaitosta, sen voimansiirtojohtoja ja ensimmäisiä muuntoasemia rakennettaessa maamme sähköteknillisellä teollisuudella oli suurjännitteellä tapahtuvasta sähkönsiirrosta tuskin lainkaan kokemusta. Uuden voimalaitoksen tarvitsemat sähköalan laitteet ja varusteet oli tästä syystä hankittava pääasiassa ulkomailta. Pakon sanelemalla menettelyllä oli varjopuolena se, että eräät Keski-Euroopassa käytetyt ja siellä varsin toimintakykyisiksi osoittautuneet laitteet eivät olleetkaan käyttövarmoja maamme voimakkaasti vaihtelevissa sääolosuhteissa. Havainnot johtivat siihen, että Imatran voimalaitokselle perustettiin 1928 mittaritarkistamo, jonka voidaan katsoa olevan Imatran Voiman 1944 perustaman sähkölaboratorion

¹⁷⁸ ibid, 671

¹⁷⁹ ibid, 670

¹⁸⁰ Voimaa menestyä 1993, 1

ensimmäinen versio.¹⁸¹ Seuraavassa lainaus diplomi-insinööri Tauno Pyökkarin laboratorion ensimmäiseen vuosikertomukseen kirjoittamasta tekstistä:

"Imatran Voima Oy on päinvastoin kuin monet muut vastaavat laitokset aina kiinnittänyt erikoisen suurta huomiota laitteidensa teknilliseen kuntoon ja huoltoon. Tässä tarkoituksessa oli vuosien kuluessa hankittu yhtiölle mittareita ja huoltokojeita huomattavien summien edestä. Nämä laitteet olivat kuitenkin hajallaan yhtiön eri asemilla, suurimmaksi osaksi tosin Imatralla, ja niiden saanti tarvittaessa tuotti täten hankaluutta. Kun kaikenlainen tarkastus, ja miksei myöskin tutkimustyö alkoi vuoden 1938 paikkeilla yhä enemmän keskittyä pääkonttorista käsin hoidettavaksi, heräsi ajatus koota kaikki ne mitta- ja huoltokojeet, joita ao. asemilla ei käyttöä varten tarvittu, samaan paikkaan Helsinkiin. Vuoden 1944 alussa siirrettiin myöskin yhtiön öljytarkastus laboratorion hoidettavaksi."¹⁸²

IVO oli ensisijaisesti vesivoimayritys aina 1960-luvun loppupuolelle saakka. Yrityksen rooli muuttui kun lämpövoiman kansantaloudellinen merkitys alkoi olla yhä tärkeämpi Suomen energiahuollossa. Lämmön tuotanto otettiin yhtiön toimintaohjelmaan sähkön tuotannon lisäksi, sillä yhtiöltä odotettiin johtavana sähkön tuottajana konkreettisia toimenpiteitä uusien sähkölämmitysjärjestelmien ja energian käytön vaihtoehtojen tutkimuksessa ja niiden tulosten käytännön sovellutuksissa. Yhtiön lämpö- ja voimalaitosteknillistä koestus- ja testaustoimintaa tehostettiin ja vuoden 1980 lopulla yhtiö perusti lämmityslaboratorion sähkölaboratorionsa yhteyteen ja sen organisaation osaksi. Nykyisin yhtiöllä on yhdeksän erikoislaboratoriota, joissa se harjoittaa energiatutkimusta. 1993 aikana osa laboratorioista sai Suomen Standardisoimisliitto ry:ltä ISO 9001 -sertifikaatin. Tavoitteena on 1994 mennessä saada vastaavat sertifikaatit kaikille laboratorioille. IVO:n yhteyteen perustettiin 1979 T&K johtoryhmä, jonka tarkoituksena on koordinoida yhtiön teknillistä tutkimus- ja kehittämistoimintaa. Lisäksi tavoitteena on lisätä yhteydenpitoa muihin tutkimusta harjoittaviin yhteisöihin ja tutkimuksen suuntalinjojen vetäminen.¹⁸³

IVO:lla on nykyisin merkittävää yhteistyötä ja liittoutumia kaikkien Suomen energia-alan toimijoiden kanssa. Yhtiö tuntee hyvin energia-alan toimijat myös Euroopassa. Tutkimus- ja kehitystoiminta on tärkeä osa IVO-konsernin energian ja palvelujen toimintaketjua. T&K:n painopiste on hankkeissa, jotka lisäävät kilpailukykyä ja vastaavat energiamarkkinoiden keskeisiin haasteisiin. Yrityksen strategiana on sijoittaa suurimmat kehityspanokset sellaisiin teknologioihin ja ratkaisuihin, jotka ovat jo käytössä tai lähellä kaupallisen vaiheen saavuttamista. Tämä on riskien hallitsemisen kannalta välttämätöntä, sillä energiateknologian kehittäminen on hyvin pitkäjänteistä toimintaa ja sitoo suuria pääomia

¹⁸¹ Auer 1982, 236

¹⁸² ibid, 237

¹⁸³ Auer 1982, 236, 239; Voimaa menestyä 1993, 1

kuten muunkin infrastruktuurin kehittäminen. Jokainen teknologia on kuitenkin vain siirtymävaihe seuraavan, entistä paremman teknologian aikakauteen ja uudet ratkaisut ottavat paikkansa, kunhan ovat ensin selvästi osoittaneet kilpailukykynsä.¹⁸⁴ IVO:n tutkimus ja kehitysyksikkö kuuluu emoyhtiöön omana yksikkönään ja tukee liiketoimintoja kehittämällä markkinoille uusia tuotteita ja teknologioita. Lisäksi yksiköllä on IVO-yhtiöiden pitkän aikavälin tavoitteita edistäviä tutkimus- ja kehityshankkeita. Uuden taitotiedon käyttöön saamiseksi konserni käyttää vuosittain tutkimus- ja kehitystoimintaan noin 150 miljoonaa markkaa, joka 1993 oli 2 prosenttia liikevaihdosta. Konsernin eri yhtiöt ja yksiköt vastaavat omien alueidensa tuotekehittelystä.¹⁸⁵

IVO-konserni harjoittaa tiiviisti kansainvälistä tutkimusyhteistyötä. Viimeisin merkittävä yhteistyökumppani on maailman suurin sähkövoiman tutkimuslaitos, amerikkalainen Electric Power Research Institute (EPRI), jonka kanssa IVO - ensimmäisenä USA:n ulkopuolisena yrityksenä - tekee yhteistyötä uusien sähköntuotantoa ja ympäristönsuojelua tehostavien menetelmien kehittämiseksi.¹⁸⁶ EPRI odottaa puolestaan saavansa IVO:ta osaamista biomass- ja kaukolämpötekniikassa ja kumppanuuksia Venäjän markkinoille. Tällä tavoin USA:n markkinoilla kehitettyjen energian huipputeknologioiden siirto Suomeen takaa samalla omien ratkaisujen viennin USA:n markkinoille. Tällä hetkellä EPRI ja IVO arvioivat ideaa teknologianvaihtokeskuksesta, joka helpottaisi EPRI:n teknologioiden ja palveluiden vientiä entiseen Neuvostoliittoon ja päinvastoin. Toteutus on toistaiseksi kiinni vain riittävän rahoituksen saamisesta projektille. Yhteistyö on kokonaisuutena ottaen antanut IVO:lle T&K-tulosten ja teknologioiden ohella erinomaisen ikkunan maailman suurimpiin energiamarkkinoihin.¹⁸⁷

IVOn tuotevalikoimaan kuuluvat voimalaitokset ja siirtojärjestelmät, käyttö- ja kunnossapitopalvelut, varsinaiset energiatuotteet sähkö, lämpö ja höyry, sähkönsiirto, energianmittaus sekä energian käyttöön liittyvät tuotteet. Laaja teknologiaosaaminen on syntynyt osaksi tutkimuksen ja kehityksen avulla, osaksi käytännön kokemuksista ja yhteistyökumppaneiden kanssa toimien. Monella tasolla tapahtuva yhteistyö asiakkaiden, valmistajien ja kehittäjien kanssa on välttämätön elinehto toimittaessa kansainvälisillä energiamarkkinoilla. IVOn tuotteiden lopullinen kilpailukyky syntyy asiakkaiden ja henkilöstön toteuttamissa energiahankkeiden läpivientiprosesseissa, jotka yhdistävät komponentit optima-

¹⁸⁴ Kehittyvä energia 1994, 4

¹⁸⁵ IVO VK 1993, 29; Voimaa menestyä 1993, 1

¹⁸⁶ IVO VK 1993, 30

¹⁸⁷ Kehittyvä energia 1994, 39

lisiksi voimalaitos- ja sähkönsiirtotuotteiksi tai järjestävät hyvin toimivat laitosten käyttö- ja kunnossapitopalvelut. Energiatuotteet ovat osoittautuneet menestyviksi kauppatavaroiksi, kun laatu-, tehokkuus-, niukkuus- ja ympäristökysymykset ovat korostuneet.¹⁸⁸

IVO:n toimialarakenne

IVOn konsernirakennetta muutettiin 1993 alussa yhtiön energiamarkkinoista kertyneen kokemuksen ja osaamisen pohjalta. Perusalueiksi määriteltiin voimalaitosten suunnittelu ja rakentaminen, niiden käyttö ja kunnossapito sekä itse energiakauppa.¹⁸⁹ Jo aiemmin perustetun kansainvälisillä energiamarkkinoilla suunnittelijana ja rakentajana asemansa vakiinnuttaneen IVO International Oy:n lisäksi emoyhtiön toiminta on nykyisellään jaettu kahteen muuhun tytäryhtiöön. IVO Tuotantopalvelut vastaa voimalaitosten käytöstä ja huollosta, IVO Voimansiirto Oy (IVS) puolestaan omistaa kantaverkon ja tarjoaa sähkönsiirtopalveluja.¹⁹⁰ Näiden ohella IVO Energy Ventures on konsernin emoyhtiöön 1992 perustettu yksikkö, jonka tehtävänä on kehittää ulkomaista energialiiketoimintaa.¹⁹¹

IVO International Oy tytäryhtiöineen on liiketoiminnaltaan suurin IVO-konsernin tytäryhtiö, jonka liikevaihdosta on arvioitu 1994 tulevan 50 prosenttia ulkomailta.¹⁹² Yritys sai alkunsa, vesivoimarakentamisen vähennyttyä 1960-luvun lopulla. Emoyhtiössä vapautui tuolloin resursseja, jotka päätettiin suunnata ulkomaantoimintaan. 1972 ulkomaantoiminta kuitenkin lopetettiin omien laitosten mm. Loviisan ydinvoimalan ja 400 kV:n voimansiirtoverkon rakennus- ja suunnittelutöiden sidottua koko kapasiteetin. Ulkomaantoiminta aloitettiin jälleen 1978 ja varsinaisesti IVO International perustettiin 1981. Nykyisin yritys toimii maailmanlaajuisesti ja sen painopiste on vuosien varrella siirtynyt voimalaitoksen, sähköasemien ja voimajohtojen suunnittelusta sekä konsultoinnista projekteihin, joista yrityksellä on kokonaisvastuu.¹⁹³

Yritys on kiinteässä yhteistyössä kahden kotimaisen keskenään kilpailevan kattilanvalmistajan kanssa, joilla on kansainvälisestikin ylivoimainen tekniikka turpeen ja biopolttoai-

¹⁸⁸ *ibid*, 4-5

¹⁸⁹ Huopalahti 1994

¹⁹⁰ Savolainen 1994

¹⁹¹ Rouvinen 1994, 79-80

¹⁹² Huopalahti 1994

¹⁹³ Rouvinen 1994, 80-82

neen poltossa. Kaiken kaikkiaan projekteissa on pyritty käyttämään uusinta tekniikkaa ja siten kotimaiselle teollisuudelle on tarjottu mahdollisuus olla ensimmäisenä mukana teknisessä kehityksessä. Oman T&K-panostuksensa ohella IVO tekee kotimaassa paljon yhteistyötä VTT:n sekä jonkin verran alihankkijoiden kanssa. IVO Internationalin strategia on kapeille erikoisalueille keskittyminen. Näin pyritään välttämään suoraa kilpailua suurten monikansallisten yritysten kanssa. Segmentiksi on valittu pienet ja keskisuuret, erityisesti biopolttoaineita käyttävät laitokset, joissa lämmön ja sähkön tuotanto on yhdistetty. Pienehköt kaasus- tai kombivoimalaitokset ja niiden engineering -painotteiset muutostyöt sekä vanhojen voimalaitosten perusparannukset kuuluvat myös keskeisinä yrityksen osaamisalaan.¹⁹⁴

IVO Tuotantopalvelut Oy on emoyhtiöstä 1993 yhtiötetty yritys, joka käyttää IVO:n voimalaitoksia Suomessa. Kansainvälistyminen on aloitettu kahden kaasukombivoimalan käyttö- ja kunnossapitosopimuksilla Englannissa sekä äskettäin voitetulla sopimuksella Malesiassa.¹⁹⁵ Voimalaitosten käyttö- ja kunnossapito-osaaminen on kehitetty emoyhtiössä, jonka on täytynyt kilpailla teollisuuden omien energiaratkaisujen kanssa voimalaitosten käytettävyyssasteista. Tekniikkaa on kehitetty ennakoivan kunnossapidon suuntaan ja nykyisin Suomesta löytyy kunnonvalvontajärjestelmän kannalta olennaisia laadukkaita tuotteita.¹⁹⁶

4.2.2 Neste Oy

Neste Oy perustettiin 1948 öljyn hankintaa ja jalostusta silmällä pitäen. Sittenmin yhtiö on laajentanut liiketoimintaansa maakaasun, muovi- ja kemianteollisuuden, merikuljetusten sekä uudenlaisten energiajärjestelmien, lähinnä aurinkosähköjärjestelmien aloille.¹⁹⁷ Teknologian kehittäminen on keskeistä Neste-konsernissa. Vuotuisten kehitysmenojen suunta on edelleen kasvussa ja jo 1990-luvun alussa joka kymmenes Nesteen työntekijä työskenteli teknologian kehittämisen parissa. Teknologian hankinnassa Neste on käyttänyt useita eri lähteitä: yritysostot, lisensointi, yhteistyöyritykset, yritysten ja tutkimuslaitosten väliset sopimukset, riskirahoitusyhtiöt sekä yrityksen oma kehitystyö. Oma kehitystyö on ollut konsernin keskeinen menestys- ja kilpailutekijä. Merkitys on korostunut tilanteissa, joissa teknologiaa ei ole ollut saatavilla muista lähteistä kilpailullisten tai strategisten

¹⁹⁴ ibid

¹⁹⁵ Huopalahti 1994

¹⁹⁶ Rouvinen 1994, 82

¹⁹⁷ Neste öljystä... 1992, 11-12

syiden takia. Tuotekehitystoiminta on hajautettu mahdollisimman lähelle markkinoita niin, että asiakkaiden tarpeet ja toiveet tulevat mahdollisimman hyvin huomioonotetuiksi. Käytännössä on havaittu, että vaikka edelleenkin osa tuotteista syntyy ja kehitetään uuden teknologisen keksinnön innoittamana, tärkein uusien tuotteiden kehittämisen syy on asiakkaan muuttuneen tarpeen tyydyttäminen. Yrityksen strategisilla alueilla kehitetään omaa teknologiaa kuitenkin myös tutkimusprojektien avulla. Tutkimusohjelmat edustavat pitkäjänteistä tutkimustoimintaa, joissa kotimaisten ja ulkomaisten korkeakoulujen ja tutkimuslaitosten suuntaan tapahtuvalla yhteistyöllä on merkittävä osa. Tavoitteena on uuden prosessin tai tuotteen kehittäminen.¹⁹⁸

Neste kehittää ja markkinoi kansainvälisesti aurinko-, tuuli- ja hybridienergiajärjestelmiä vuonna 1986 perustetun NAPSin kautta. NAPS on Pohjoismaiden johtava alan yritys ja sillä on Pohjoismaiden lisäksi toimipisteet Ranskassa, Keniassa, Singaporessa ja Hongkongissa. NAPS-järjestelmiä on käytössä jo 40 maassa. Ranskan yksikössä tuotetaan amorfiseen pii-teknologiaan perustuvia aurinkokennoja. Uutta ohutkalvoaurinkokennoteknologiaa kehitetään vuonna 1987 perustetussa tytäryhtiössä Mikrokemia Oy:ssä. Liiketoiminnan kehitystarpeita tuetaan myös Neste-konsernin T&K -yksikössä tehtävällä tutkimustoiminnalla. Mielenkiinnon kohteena olevia alueita ovat mm. biopolttoaineet ja vetyteknologia. Keskeinen motiivi on varmistaa Nesteen energialiiketoimintojen elinkelpoisuus pitkällä aikavälillä.¹⁹⁹ Nykyisellään NAPSilla on Euroopan markkinoista noin 9 prosentin osuus ja se on siten yksi johtavista yrityksistä. Aurinkokennojärjestelmistä ei toistaiseksi ole perinteisten voimaloiden korvaajiksi. On kuitenkin äärimmäisen tärkeää, että Suomessa on yrityksiä, jotka aktiivisesti kehittävät korvaavia teknologioita ja tarkkailevat markkinatilanteen kehitystä.²⁰⁰

4.2.3 Vapo Oy

Vapo sai alkunsa, kun Suomen kauppatiet katkesivat ja maamme polttoainetilanne alkoi nopeasti kiristyä toisen maailmansodan sytyttyä. Valtioneuvosto reagoi tapahtuneeseen keskittämällä valtion laitosten polttopuiden hankinnan 1940 laajentamalleen Rautatiehallituksen Puutavaratoimistolle, jonka toimintaa Valtion Polttoainetoimisto 1945 alkaen jatkoi. Ulkomaisten polttoaineiden tuonti käynnistyi jälleen kesällä 1948 ja polttopuun kysyntä laski nopeasti. Koko laitoksen yllä oli lopettamisuhka, jonka valtioneuvosto

¹⁹⁸ *ibid*, 202

¹⁹⁹ *ibid*, 120

²⁰⁰ Rouvinen 1994, 51

kuitenkin esti asetuksella. VAPO toimi 1950- ja 1960-luvun ajan polttopuun hankkijana, jonka toiminta perustui kriisivalmiuden ylläpitoon kotimaisen energialähteen tuottajana. 1960-luvun lopulla polttopuun hankinta alkoi kuitenkin supistua nopeasti kaukolämmityksen lisääntymisen, halvan öljyn ja metsäteollisuuden kasvaneen koivun käytön myötä.²⁰¹ OPECin nostaessa öljyn hintoja 1971 vahvisti valtioneuvosto yhtiölle turpeen tuotannon laajentamis- ja kehittämisohjelman. 1973 öljykriisin seurauksena valtioneuvosto kaksinkertaisti VAPO:n tavoitteet turvetuotannon suhteen. Tuontipolttoaineiden hinnan nousu sai myös kuluttajat kiinnostumaan turpeesta aivan uudella tavalla. Turvetuotannon kannalta merkittäviä rakennuspäätöksiä tehtiin sekä teollisuuden että kuntien energiaratkaisuissa. Suurimmillaan VAPO:n turvetuotanto oli 1986, yli 20 milj. m³.²⁰²

Turvetuotantoon tarvittavat koneet VAPO hankki tuotannon alkuvaiheessa alan pioneeri- maasta, Neuvostoliitosta. Oman konekehitystyön yhtiö aloitti 1970-luvun vaihteessa. Nykyisin kaikkia jyrsin- ja palaturvetuotannossa tarvittavia laitteita valmistetaan VAPO:n turvetyömaiden korjaamoissa. Turvetuotannon käynnistyminen 1970-luvun vaihteessa käänsi koko toiminnan uuteen nousuun. Yrityksen myynnistä alkoi yhä suurempi osa suuntautua valtion laitosten ulkopuolelle. Tämä aiheutti tilanteen, jossa VAPO:n toiminta ei enää vastannut sitä koskevan asetuksen tehtävämäärittelyä. Valtion budjettitalouden sekä sen erilaisten sidonnaisuuksien alkaessa rajoittaa joustavan liiketoiminnan harjoittamista päätettiin VAPO:n muuttamisesta osakeyhtiöksi 1984.²⁰³

Nykyisin Vapo konserni jalostaa ja markkinoi kotimaisia luonnonvaroja, turvetta ja puuta. Lisäksi Vapo Oy valmistaa ja markkinoi turvealaan sekä jätevesilietteiden ja ilman biopuhdistukseen liittyviä koneita. Turvetuotantoon liittyvää taitotietoa ja tekniikkaa viedään myös ulkomaille. Kehitystyön alla on biopolttoaineiden, turpeen ja puun sekä oljen yhteiskäyttöä energian raaka-aineeksi. Maassamme tehdään huipputasoista turvetutkimusta, mm. soiden ekologisen merkityksen ja soiden käytön ympäristö- ja vesistövaikutusten selvittämiseksi. Oman tutkimuksen lisäksi tutkimus- ja kehitystyötä tehdään yhdessä eri yliopistojen, tutkimuslaitosten ja viranomaisten kanssa. Esimerkkejä ympäristöön liittyvistä tutkimuksista ovat KTM:n tutkimusohjelmat, joita esitellään tarkemmin luvussa 4.4. Yhtiön keskeisin tutkimustoiminnan tavoite on nykyisellään ympäristöä säästävän turpeentuotantotekniikan ja kuormitusta vähentävän vesiensuojelutekniikan

²⁰¹ Halkometsästä... 1990, 5, 310

²⁰² ibid, 312-314

²⁰³ ibid

kehittäminen.²⁰⁴ VAPO Oy:n toimiala on vuosien myötä muuttunut paljon; entisestä halkojen hankkijasta on tullut maamme turveteollisuuden pikkujättiläinen.²⁰⁵

4.3 Teknologiapolitiikka

Uuden teknologian hankkiminen maahan teknologian siirron avulla edellyttää valtiolta huolellista valmistelua ja siirron edellytysten kehittämistä. Uusista teknologioista on saatava tietoa riittävän ajoissa, ja tiedon on kulkeuduttava todellisille tarvitsijoille eli uutta teknologiaa haluaville yrityksille. Maahan hankittavat uudet teknologiat on kyettävä sopeuttamaan olemassaolevaan tuotantojärjestelmän kokonaisuuteen, eli koulutus- ja tutkimusjärjestelmän on kyettävä hallitsemaan uudet teknologiat. Keskeisiä kehittämiskohteita ovat siten maamme teknologian siirron yleiset edellytykset. Itse siirron toteutuminen on kuitenkin lopulta kiinni yritysten omasta aktiviteetista. Tavoitteellista teknologiapolitiikkaa tarvitaan, jotta yritykset voisivat hyödyntää teknologian siirron tarjoamia mahdollisuuksia.²⁰⁶

4.3.1 Historia²⁰⁷

Teknologiapoliittisen koneiston rakentaminen ja kehittäminen lähtivät Suomessa liikkeelle myöhemmin kuin OECD-maissa yleensä. Sittemmin tapahtunut kehitys on kuitenkin ollut melko ripeää ja seurannut paljolti yleistä kansainvälistä trendiä. Mallien ja virikkeiden antajina ovat Ruotsin ohella toimineet OECD-maat.

Ensimmäiset tuotantoelämän tarpeisiin suunnatut valtion tutkimuslaitokset ja korkeakoulutasoinen tuotantoelämää palveleva opetus pääsi käyntiin Suomessa vuosisadan vaihteessa. Energiatekniikan kehityksen kannalta keskeinen muutos oli Polyteknillisen opiston muuttuminen Teknilliseksi korkeakouluksi 1908. Seuraava merkittävämpi tuotantoelämää palveleva teknisen tutkimuksen kehittämiseen tähdännyt askel otettiin sotien aikana 1942, jolloin perustettiin Valtion teknillinen tutkimuslaitos (VTT). Teknillisessä korkeakoulussa oli jo ennen sotaa suunniteltu uusien opetus- ja tutkimuslaboratorioiden rakentamista ja korkeakoulun yhteydessä toimineen aineenkoetuslaitoksen toiminnan uudistamista ja tehostamista. Samoihin aikoihin suunniteltiin myös valtiovallan, teollisuuden ja eräiden

²⁰⁴ Luonnon voimaa, 2, 11

²⁰⁵ Halkometsästä... 1990, 5

²⁰⁶ Teknologiakomitean... 1981, 28-29

²⁰⁷ Luvun sisältö perustuu pääosiltaan lähteeseen Lemola & Lovio 1984, 120-126

tutkijoiden piirissä eri alojen tutkimuslaitosten perustamista. Näiden pohdintojen lopputuloksena perustettiin VTT teknillisen korkeakoulun yhteyteen, jotta suhteellisen vähäiset tutkimustyövoima, välineet ja varat olisi pystytty keskittämään samaan paikkaan.

Teknisistä tieteistä ja niiden taloudellisesta merkityksestä muodostui Suomessa vasta 1950-luvulla varsinainen keskustelunaihe, jonka tärkeänä vauhdittajana toimi atomienergian rauhanomaiseen käyttöön liittyvä toiminta. Teknologia politiikan koneistoa alettiin kuitenkin rakentaa tosissaan vasta 1960-luvulla. Lyhyen ajan sisällä käynnistettiin useita uusia teollisuuden tutkimus- ja kehitystoiminnan edistämiseen tähtääviä toimintamuotoja. Samalla tehostettiin olemassa olevien organisaatioiden toimintaa. Tärkeimmät 1960- ja 1970-luvun vaihteessa toteutetut toimenpiteet olivat kronologisessa järjestyksessä esitettynä seuraavat:

- 1966 yritysten tutkimuskustannusten verovähennysoikeutta laajennettiin ja täsmennettiin.
- 1967 valtion budjettiin otettiin uusi määräraha teollisuuden kanssa solmittavia tutkimus- ja kehityssopimuksia varten (KTM:n tuotekehitysavustukset) sekä perustettiin Suomen itsenäisyyden juhlavuoden 1967 rahasto (Sitra) ja kehitysyhtiö Sponsor Oy.
- 1970 KTM:n teollisuusosaston yhteyteen perustettiin teknologian linja ja sen alaisuuteen teknologian toimisto.
- 1971 KTM sai erillisen määrärahan korkeakouluissa ja tutkimuslaitoksissa suoritettavaa kansallisesti tärkeää tavoitetutkimustoimintaa varten. Kehitysaluerahasto Oy aloitti toimintansa, jonka eräänä tavoitteena on kehitysalueilla toimivien yritysten tuotekehitystoiminnan tukeminen.
- 1972 toteutettiin VTT:n organisaatiouudistus perustamalla kolme tutkimusosastoa. Samassa yhteydessä VTT:n nimi muutettiin tutkimuslaitoksesta tutkimuskeskukseksi.

Hyvin tärkeä tekijä teollisuuden tutkimus- ja kehitystoiminnan edistämisen kannalta oli vuonna 1966 annettu korkeakoulujen kehittämislainsäädäntö sekä ns. uuden Suomen Akatemian muodostaminen vuonna 1970. Uudistusten tavoitteena oli korkeakouluopetuksen ja -tutkimuksen laajentaminen ja tason nostaminen sekä yleensä tavoitteellisuuden ja tuloksellisuuden lisääminen ylimmässä opetuksessa ja siihen liittyvässä tieteellisessä tutkimuksessa. Korkeakoululaitoksen kehittämislainsäädäntöä voidaan pitää Suomen mitta-

vimpana tiedettä koskevana kehittämisohjelmana, jonka avulla luotiin nykyinen korkea-kouluverkostomme.²⁰⁸ Teknologia politiikan laajamittaisempi kehittäminen tuli ajankohtaiseksi juuri 1960-luvulla useammastakin syystä. 1950-luvulla Suomessa alkanut kansainvälistyminen ja kaupan liberalisointi asettivat uusia paineita Suomen yksipuoliselle tuotantorakenteelle ja teknologian tasolle, joka oli tärkeimpiin kilpailijamaihin verrattuna alhainen. Lisäksi 1960-luvun alussa Suomessakin jalansijaa saanut kasvupoliittinen ajattelu edesauttoi merkittävästi teollisuuden laajentamista sekä valtion roolin ja tehtävien lisäämistä yritysten innovaatiotoiminnan tukemisessa ja edistämisessä.²⁰⁹

Teollisuusmaissa 1970-luvulla tapahtuneeseen teollisuuden kasvun hidastumiseen ja taloudellisen kehityksen epävakautumiseen reagoitiin Suomessa saman suuntaisesti kuin useimmissa muissakin teollisuusmaissa. Innovaatiotoiminnan merkitys alkoi korostua entistä voimakkaammin, jonka seurauksena kotimaista tuotantoa edistävän tutkimus- ja kehitystoiminnan rahoitusta lisättiin. Samanaikaisesti alettiin kiinnittää erityistä huomiota uusien lupaavien teknologian alojen ja työvoiman koulutuksen kehittämiseen.²¹⁰

Kaiken kaikkiaan 1970-luvun taitteessa Suomen teknologia politiikassa tapahtui kolme merkittävää muutosta. **Ensinnäkin**, valtio alkoi suoranaisesti tukea yritysten tutkimus- ja kehitystoimintaa tuotekehityslainojen ja verohelpotusten muodossa. **Toiseksi**, korkeakoulujen ja tutkimuslaitosten toimintaedellytyksiä parannettiin sekä suunnattiin toimintaa uudelleen siten, että se vastasi paremmin teollisuuden tarpeita ja vaatimuksia. **Kolmanneksi**, teknisen tavoitetutkimuksen rahoituksen aloittamisella oli tarkoitus lisätä ja tehostaa kansallisesti tärkeää ja teollisuuden pidemmän aikavälin kehittämiseen tähtäävää tutkimustoimintaa. Näitä kolmea osa-aluetta voidaan edelleenkin pitää maamme teknologia politiikan peruselementteinä. Selkeästi on havaittavissa, että kun 1970-luvun vaihde oli teknologia poliittisen koneiston rakentamisen aikaa, oli 1970-luku muilta osin luodun järjestelmän määrällisen kasvattamisen aikaa. Määrällinen kehitys ei ole vuosien varrella vastannut eri tahoilla asetettuja kehittämistavoitteita, mutta joka tapauksessa teknologian kehittämiseen tarkoitetut määrärahat ovat kasvaneet nopeammin kuin valtion tutkimusmenot keskimäärin. Ensinnäkin, teollisuuden ja muiden elinkeinojen edistämiseen tarkoitettujen tutkimus- ja kehitysmäärärahojen osuus yli kaksinkertaistui 1970-luvun alusta 1980-luvulle tultaessa. Toiseksi, KTM:n osuus valtion tutkimusmenoista yli puolitoistakertaistui vastaavana aikana.

²⁰⁸ Teknologiaohjelmatoiminnan... 1990, 13

²⁰⁹ Lemola & Lovio 1984, 141

²¹⁰ ibid

Suomessa, kuten useimmissa muissakin pienissä maissa, teknologiapolitiikka on yleensä perustunut voimakkaasti markkinamekanismille. Valtio on sopeuttanut tai ainakin pyrkinyt sopeuttamaan toimenpiteensä yritysten ilmaisemien tarpeiden, toiveiden ja vaatimusten suuntaisesti. Selektiivisyys on rajoittunut yritysten määrärahashakemusten hyväksymiseen tai hylkäämiseen. 1980-luvun alkuun saakka teknologiapoliittinen toimeliaisuus painottui Suomessa teknologiapoliittisen järjestelmän määrälliseen kasvattamiseen ja teollisuuden sopeuttamis- ja kilpailukyvyn tukemiseen markkinoiden kehityksen puitteissa. Sisällöllisiin ja laadullisiin tavoitteisiin tai painotuksiin kiinnitettiin vähemmän huomiota. Tässä mielessä voidaankin sanoa, että teknologiapolitiikka oli Suomessa pitkään luonteeltaan lähinnä infrastruktuuripoliittikkaa.²¹¹

Tavoitteellisemman ja ehkäpä laaja-alaisemmankin kauden alkamisesta kotimaisessa teknologiapolitiikassa alkoi näkyä merkkejä 1980-luvulla. Mm. valtioneuvoston 1982 hyväksymässä teknologiapoliittisessa periaatepäätöksessä laajennettiin teknologiapolitiikan aluetta perinteisestä teknologisen kehityksen edistämisestä teknologiseen kehitykseen mahdollisesti liittyvien ongelmien ennakoimiseen, estämiseen ja korjaamiseen. Toisaalta Teknologian kehittämiskeskuksen (TEKES) perustamisen yhteydessä korostettiin tavoitteellisuuden, tehokkuuden ja rahoituksen tuloksellisuuden lisäämistä teknologiapolitiikassa. Perinteisesti teknologianpolitiikan hallintona pidetty KTM:n ja opetusministeriön välinen työnjako ja yhteistyö laajeni uusien linjauksien myötä. Tämä merkitsi paitsi valtion tiedeneuvoston ja talouspoliittisen ministerivaliokunnan myös valtioneuvoston kanslian aseman vahvistamista teknologianpolitiikan hallinnossa.²¹²

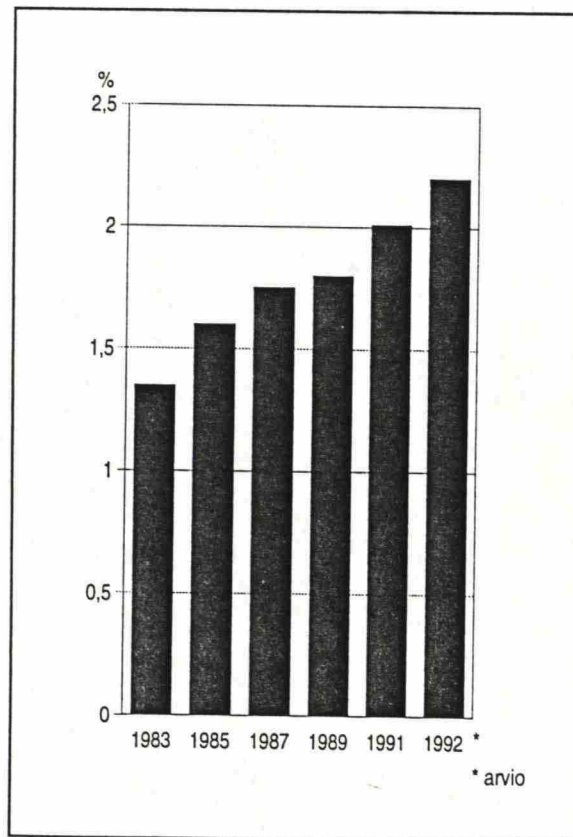
Teknologiakomitea perustettiin maahamme 1980-luvun alussa ja sittemmin sen suositukset vaikuttivat kansallisten teknologiaohjelmien syntyyn ja osaltaan myöhemmin Teknologian kehittämiskeskuksen perustamiseen. Suositusten seurauksena Suomi liittyi myös laajasti kansainväliseen yhteistyöhön, ja tutkimus- ja kehittämistyöhön alettiin panostaa aiempaa enemmän. Tutkimus- ja kehitystyön osuus oli 1,2 prosenttia BKT:sta vuosikymmenen alussa, josta se vuosikymmenen loppuun mennessä nousi 1,8 prosenttiin ja Suomi nousi samalla keskitason T&K -maaksi OECD-maiden joukossa. Vaikka T&K:n osuus BKT:sta on kasvanut, Suomella on vielä nykyisinkin varsin niukat T&K-toimintaan käytettävät voimavarat. Korkeakoulujen ja tutkimuslaitosten tutkimusvoimavarat eivät riitä palvelemaan kaikkia erityistarpeita. Myös tutkimusryhmät ovat kansainvälisesti verrattuna hyvin pieniä. Voimavarojen niukkuus edellyttääkin selkeää kansallista näkemystä tekno-

²¹¹ *ibid*, 138, 147

²¹² *ibid*, 138

logiapolitiikan ja teollisuuden tarpeista, jotta käytettävissä olevat resurssit voidaan suunnata oikein ja tehokkaasti. Lisäksi kansainvälinen yhteistyö on välttämätöntä, jotta kaikki yritysten tarvitsema tieto saataisiin maahan.²¹³ Päähuomio Suomessa käytettyjen teknologiapolitiittisten keinojen osalta on kiinnitetty yritysten innovaatiotoiminnan edistämiseen ja tukemiseen avustusten, lainojen ja verotuksellisten keinojen avulla sekä tutkimuslaitosten ja korkeakoulujen toimintaedellytysten parantamiseen. Selvästi vähemmän on pohdittu esimerkiksi julkisten hankintojen käyttöä, julkisiin palveluihin liittyvän teknologian kehittämistä ja valtion yritystoiminnan roolia teknologian siirrossa.²¹⁴

Kuva 4.1: Suomen T&K- toiminnan osuus BKT:sta (%)



Lähde: Energy Technology... 1994, 7

4.3.2 Teknologia politiikka 1990-luvun Suomessa

Suomen harjoittaman teknologiapolitiikan tavoitteeksi on 1990-luvulla määritelty maamme kilpailukykyyn kannalta strategisesti keskeisen tiedon ja uuden teknologian hankkiminen joko maan rajojen ulkopuolelta tai kehittämällä sitä itse. Perusteknologian tuottaminen on ollut maassamme melko vähäistä ja tutkimus on ollut lähinnä uuteen teknologiaan liittyvää

²¹³ Alueellisen... 1990, 13-14

²¹⁴ Lemola & Lovio 1984, 141

soveltavaa tutkimusta. Kansallisilla teknologiaohjelmilla pyritään tuottamaan sellaisia perustietoon liittyviä valmiuksia, joiden avulla uutta teknologiaa kyetään ottamaan vastaan ja soveltamaan mahdollisimman nopeasti. Teknologiaohjelmilla tarkoitetaan laajoja teknisen tutkimuksen yhteistyöhankkeita, joilla kohotetaan kansallisesti teknologisen osaamisen tasoa.²¹⁵ Kansainvälisen kilpailun kiristymisen ja teknologisen kehityksen kiihtymisen vuoksi tarve uuden teknologian kehittämiseen ja soveltamiseen liittyvälle tutkimus- ja kehitystoiminnalle kasvaa jatkuvasti. Nykyisin teknologiaohjelmat ovat tärkeä teknologiapolitiikan väline kaikissa teollistuneissa maissa.²¹⁶ Kehityksen uusinta vaihetta edustavat kansainväliset tutkimus- ja teknologiaohjelmat. Niistä tunnetuimpia ovat EU:n ohjelmat, jotka laajuudeltaan ja osanottajamäärältään ylittävät laajimmatkin kansalliset hankkeet.²¹⁷

KTM:n alaisuudessa toimiva Teknologian kehittämiskeskus (TEKES) on Suomessa keskeisin teknologiaohjelmien suunnittelu- ja ohjausorganisaatio. Yhdessä muiden viranomaisten ja tutkimusyksikköjen kanssa TEKES:in tehtävänä on suunnitella ohjelmien sisältö ja toteutus sekä laatia uusia ohjelmaehdotuksia. Teknologiaohjelmien avulla on lisätty tietoa ja osaamista kansallisesti strategisilla aloilla sekä nostettu olemassaolevan teollisuuden teknologista tasoa. Lisäksi ohjelmien avulla on tehostettu kansallisten tutkimus- ja kehitysvoimavarojen käyttöä sekä lisätty merkittäväällä tavalla yhteistyötä korkeakoulujen, tutkimuslaitosten ja teollisuuden välillä. Energiatutkimusta on KTM:ssä perinteisesti harjoitettu TEKES:in ulkopuolella.²¹⁸ 1995 alkaen energiateknologian tutkimusrahoitus siirrettiin kuitenkin TEKES:ille. KTM:n energiaosastolla säilyy edelleen energiateknologian suunnittelu ja ydinenergiatekniikan tutkimus. Energiateknologian tutkimusrahoituksen siirtoa TEKES:ille on perusteltu sillä, että energiateknologiayritysten vientitoiminta on käynnistynyt ja TEKES:illä on monipuolisemmat käytännön yhteydet maailmalle.²¹⁹

Teknologiapolitiikan tärkein tulevaisuuden haaste on yritysten tutkimustoiminnan kansainvälistyminen. Yritysten kansainvälistyminen johtaa nimittäin siihen, että teknologiapolitiik-
tisten toimenpiteiden vaikutuksia kotimaassa on vaikea arvioida, koska osa vaikutuksista valuu ulkomaille. Yritysten T&K-toiminnasta on ulkomaan yksiköiden osuus jo noin 20 prosenttia ja se on edelleen kasvamassa. Vielä 1980-luvulla yritykset kansainvälistivät

²¹⁵ Teknologiaohjelmatoiminnan... 1990, 1

²¹⁶ Alueellisen... 1990, 1-2

²¹⁷ Teknologiaohjelmatoiminnan... 1990, 75

²¹⁸ *ibid*, 1-2, 75

²¹⁹ Helsingin Sanomat 7.6.1994

lähinnä tuotantotoimintaa, markkinointia ja rahoitusta, mutta 1990-luvulla kansainvälistyminen ulottuu entistä laajemmin myös tutkimustoimintaan. Kansainvälisten sitoumusten vuoksi aikaisempaa suurempi osa kansallisesta tutkimusrahoituksesta menee eurooppalaiseen monenkeskiseen yhteistyöhön erilaisten osallistumiseen liittyvien maksujen muodossa (lähivuosina noin 700 miljoonaa markkaa vuodessa). Suomalaisten yritysten ja tutkimuslaitosten on osallistuttava aktiivisesti kansainväliseen yhteistyöhön, jotta maksut palautuisivat ja yhteistyöstä saataisiin täysi hyöty.²²⁰

Suomen kansallinen innovaatiojärjestelmä

Talouspoliittinen ministerivaliokunta tutki 1992 kansallisen innovaatiojärjestelmän kehittämistä osana talouspolitiikkaa. Tuolloin todettiin, että kehittyneen yritystoiminnan laajentaminen vaatii maassamme kansallisen innovaatiojärjestelmän kehittämistä. Keskeisiksi kehittämiskohteiksi valittiin koulutus, tutkimus ja tuotekehitys, kansainvälinen yhteistyö ja uuden tiedon ja osaamisen hyödyntämisen mekanismit. Toimenpiteiden täytäntöönpano jakautui näin ollen useammalle eri hallinnonalalle. Kaiken kaikkiaan kansallisen innovaatiojärjestelmän toiminta rakentuu Suomessa julkisen ja yksityissektorin välisen työnjaon ja vuorovaikutuksen varaan.²²¹

Suomen innovaatiojärjestelmän voi arvioida sijoittuvan lyhyen tähtäyksen ja dynaamisen järjestelmän välimaastoon. Innovaatiojärjestelmä ja teknologian kehitystä tukevat organisaatiot on pääosin luotu aikana, jolloin tutkimustoiminnan volyymi oli tuntuvasti nykyistä pienempi ja yritysten sekä niiden T&K-toiminnan kansainvälistyminen vasta alussa. Innovaatiojärjestelmän tehokkuutta pitäisi parantaa juuri näistä lähtökohdista, sillä valtaosa T&K-projekteista on nykyisin niin suuria, että ne vaativat useiden yritysten ja tutkimuslaitosten yhteistoimintaa ja samalla ne ovat yhä useammin kansainvälisiä. Innovaatiojärjestelmän toimivuutta koskevaa selvitystä ja vertailua muihin maihin ei ole kuitenkaan Suomessa tehty riittävästi.²²²

4.4 Valtion rahoittama energiatutkimustoiminta

Tutkimus- ja kehitystoiminta on tärkeä teknologian kehittämiseen käytetty väline kaikissa teollisesti kehittyneissä maissa. Uusi tieto syntyy usein suurissa tutkimuslaitoksissa

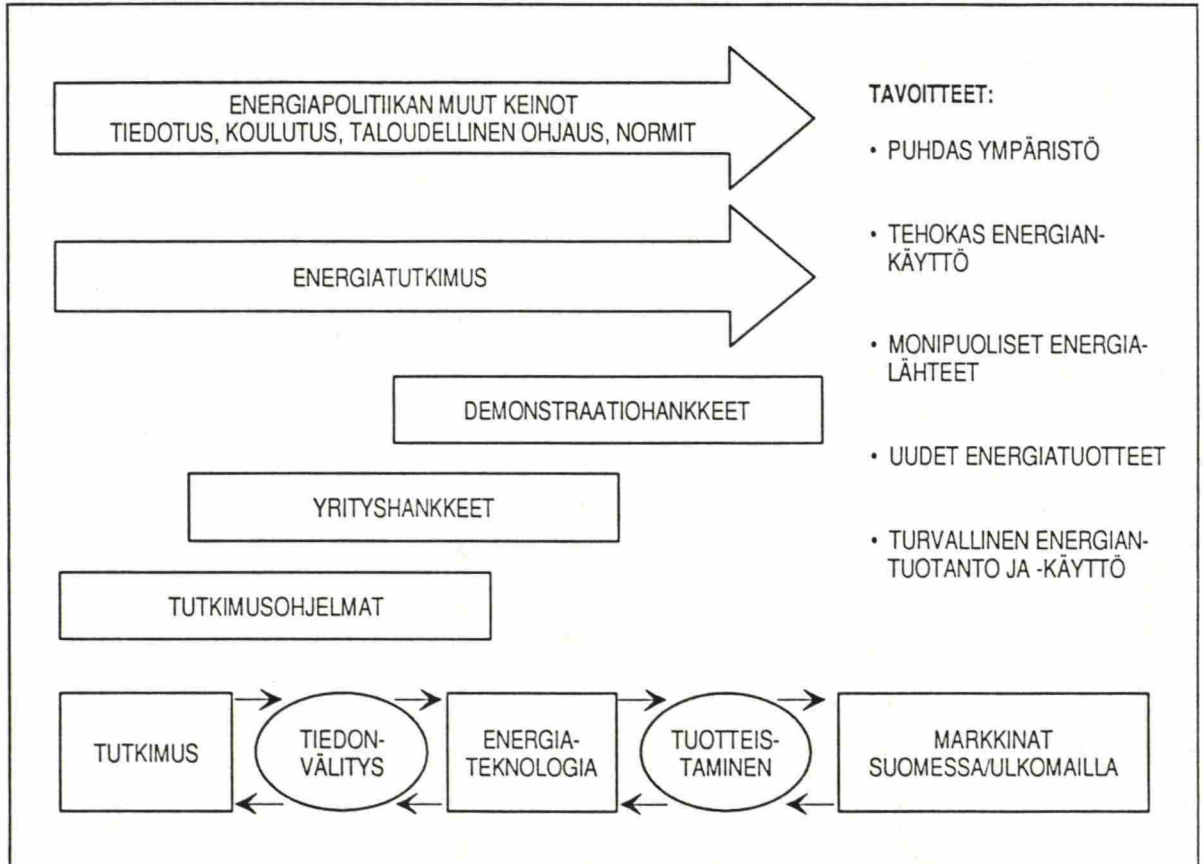
²²⁰ Kansallinen... 1993, 55-56

²²¹ Tiedon ja osaamisen... 1993, 65

²²² Kansallinen... 1993, 55

perustutkimuksen seurauksena. Ketju perustutkimuksesta käytännön sovellutuksiin on usein pitkä ja aikaa vievä. Siksi valtion tulee nopeuttaa tiedon siirtoa erilaisin toimenpitein²²³, joista tärkeimpiin kuuluu suuria investointeja vaativa T&K-työn rahoitus.

Kuva 4.2: Energiatutkimus osana energiapolitiikkaa



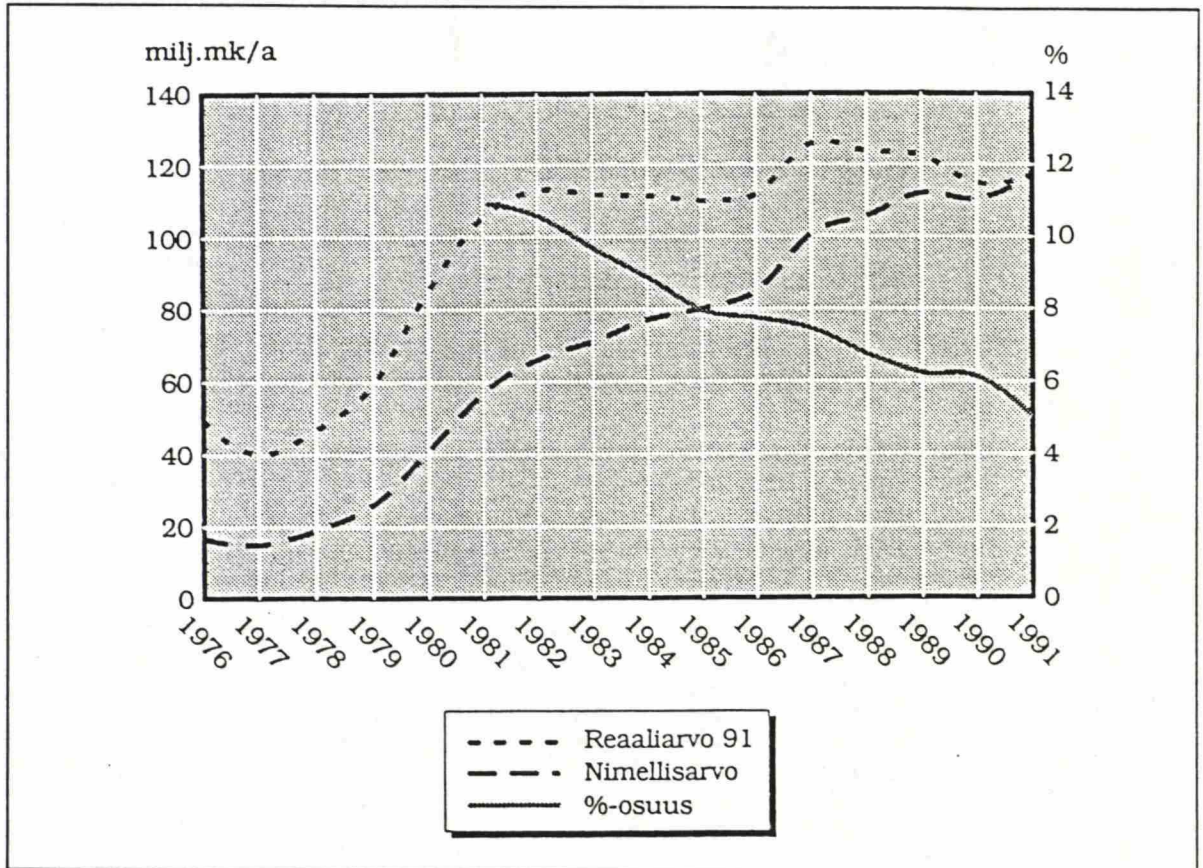
Lähde: Energiatutkimus 1992, 2

Julkisrahoitteinen energiututkimus käynnistettiin Suomessa 1970-luvulla energiapolitiikan tueksi. Toiminta-ajatuksena oli tiedollisten ja taidollisten edellytysten luominen tehokkaamman ja ympäristöystävällisemmän energiatalouden kehittämiseksi. Tavoitteet perustuivat silloin kuten myöhemminkin energiapolitiikan linjauksiin sekä energia-alalla toimivien tahojen kehittämistarpeisiin. Energiatutkimuksessa painottuvat alan teollisuuden ja muiden tahojen oman kehittämispanoksen merkitys ja sen lisääminen. Pyrkimyksenä on ollut kansallisten resurssien yhdistäminen suomalaisen energiaosaamisen kehittämiseksi. Käytännössä tämä on tarkoittanut tiedon ja teknologian ketjun ulottamista perustutkimuksesta aina energiamarkkinoihin saakka (vrt. kansallinen innovaatiojärjestelmä). Tutkimuksen avulla tuotetaan uutta energiateknologiaa. Lupaavien energiateknologioiden käyttöönottoa nopeutetaan investointiavustuksilla ja tuetaan tiedotuksella, koulutuksella

²²³ Alueellisen... 1990, 13

ja neuvontapalveluilla. Julkinen rahoitus on kohdistettu energiapolitiikan tavoitteita parhaiten tukeville toimille. Päähuomio on siten energian tuotantopuolella ollut uusiutuvien ja kotimaisten energiavarojen hyödyntämisessä sekä energiasta aiheutuvien ympäristöhaittojen vähentämisessä.²²⁴

Kuva 4.3: KTM:n energiatutkimusmäärärahojen kehitys ja osuus hallinnonalan T&K -menoista 1976-1991



Lähde: Energiatutkimus 1993-1998 1992, 56

Energiateknologian kehittämistä julkisen vallan taholta vastaa Suomessa kauppa- ja teollisuusministeriö (KTM). Energiatutkimusmäärärahoilla tuetaan markkinalähtöistä tutkimus- ja tuotekehitystoimintaa sekä uuden tekniikan pilotti- ja demonstraatiolaitesijoitustoimia. Julkiset hankinnat asettavat tuotteille osaltaan uusia tiukkoja laatuvaatimuksia ja suoritenormeja, joiden täyttäminen edellyttää uuden tekniikan innovoimista ja käyttöönottoa. Ympäristö-, turvallisuus- ja tuotevastuu yleensäkin antavat haasteita myös yksityisille hankkeille.²²⁵ Energiatutkimuksen runkona toimivat suuret kansalliset tutkimusohjelmat, joiden suoritukseen, rahoitukseen ja hyödyntämiseen osallistuvat tärkeim-

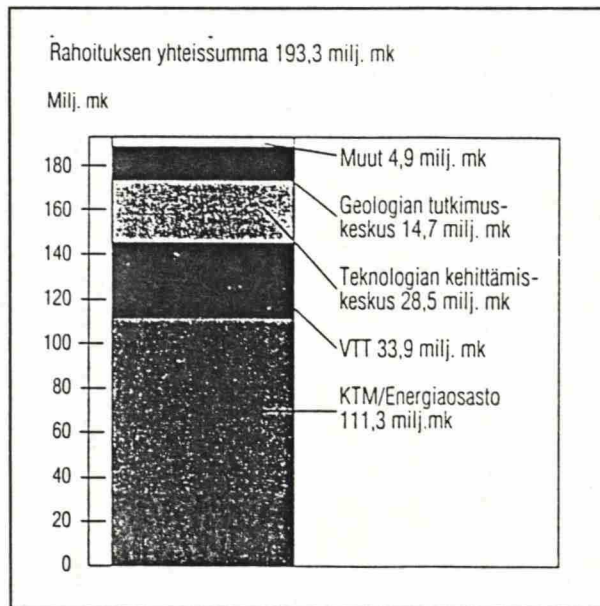
²²⁴ Energiatutkimus 1992, 2

²²⁵ Kansallinen... 1993, 83

mät alalla toimivat yritykset, korkeakoulut, tutkimuslaitokset ja viranomaiset. Energiatutkimuksen tavoitteiksi on tältä pohjalta asetettu seuraavat kohdat:

- Suomen energiatalouden tehostaminen
- pitkän aikavälin uhkien ja haasteiden ratkaiseminen
- kansallisten voimavarojen kokoaminen ja tutkimuksen tieteellisen tason nostaminen
- tutkijakoulutus
- tiiviimpi osallistuminen kansainväliseen yhteistyöhön ja teknologian siirtoon ulkomailta

Kuva 4.4: Energiatutkimuksen ja koetoiminnan julkiset rahoittajat 1990



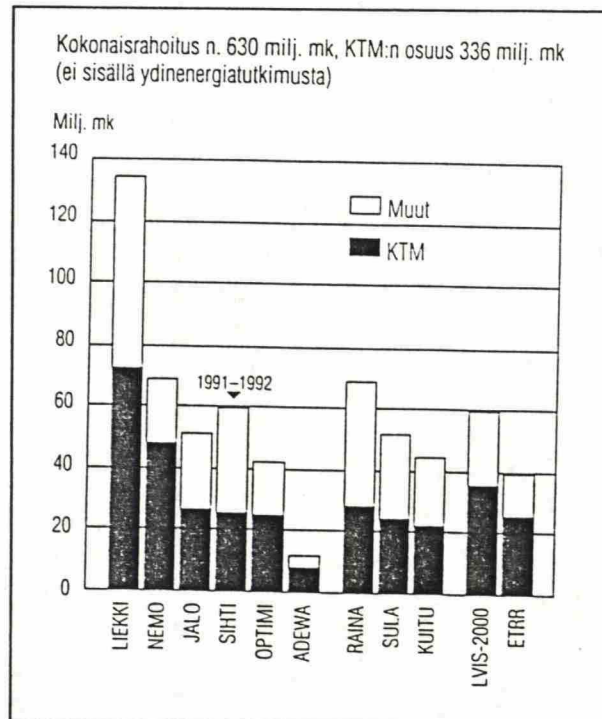
Lähde: Energiatutkimus 1992, 3

KTM:n rahoittama energiatutkimus organisoitiin uudelleen 1980-luvun lopulla, jolloin aloitettiin kymmenen viisivuotista energiatutkimusohjelmaa. Tutkimus keskittyi energian tuotannon, tehokkaan käytön, energian varastoinnin ja ympäristöä säästävän teknologian kehittämiseen. 1993 käynnistettiin kahdeksan uutta viisivuotista tutkimusohjelmaa, joista osa oli jatkoa 1980-luvulla aloitetuille ohjelmille. Tutkimusohjelmat jakautuvat hankkeisiin, joista osa on korkeakoulujen ja tutkimuslaitosten yhteisiä perustutkimushankkeita, ja osa soveltavaa tutkimusta, jonka rahoittamiseen osallistuvat myös yritykset. Yritysten osuus tutkimuksen rahoituksesta on jatkuvasti kasvanut ja se on nykyisin samaa suuruusluokkaa julkisen rahoitusosuuden kanssa. Soveltavassa perustutkimuksessa yritykset ovat päässeet monipuoliseen yhteistyöhön sekä korkeakoulujen ja tutkimuslaitosten että toisten yritysten kanssa.²²⁶

²²⁶ Energiatutkimus 1992, 2-3

Pääpaino energiantuotannon tutkimuksessa on asetettu polttotekniikalle, erityisesti paineistettuun polttoon ja kaasutukseen perustuvaan teknologiaan. Linjavalinta perustuu Suomen energiahuollon rakenteeseen, jossa polttotekniikalla tuotetaan edelleen noin 70 prosenttia kokonaisenergiasta. Tutkimuksella kehitetään sekä tulevaisuuden tekniikoita että parannetaan nykyisiä tuotantotekniikoita. Tutkimusohjelmien yhtenä tavoitteena on ollut tiiviin yhteistyön luominen tutkijoiden ja tutkimustulosten hyödyntäjien välille. Tutkimustulosten käyttöönotto tehostuu näin huomattavasti.²²⁷

Kuva 4.5: Energiatutkimusohjelmien rahoitus 1988-1992



Lähde: Energiatutkimus 1992, 3

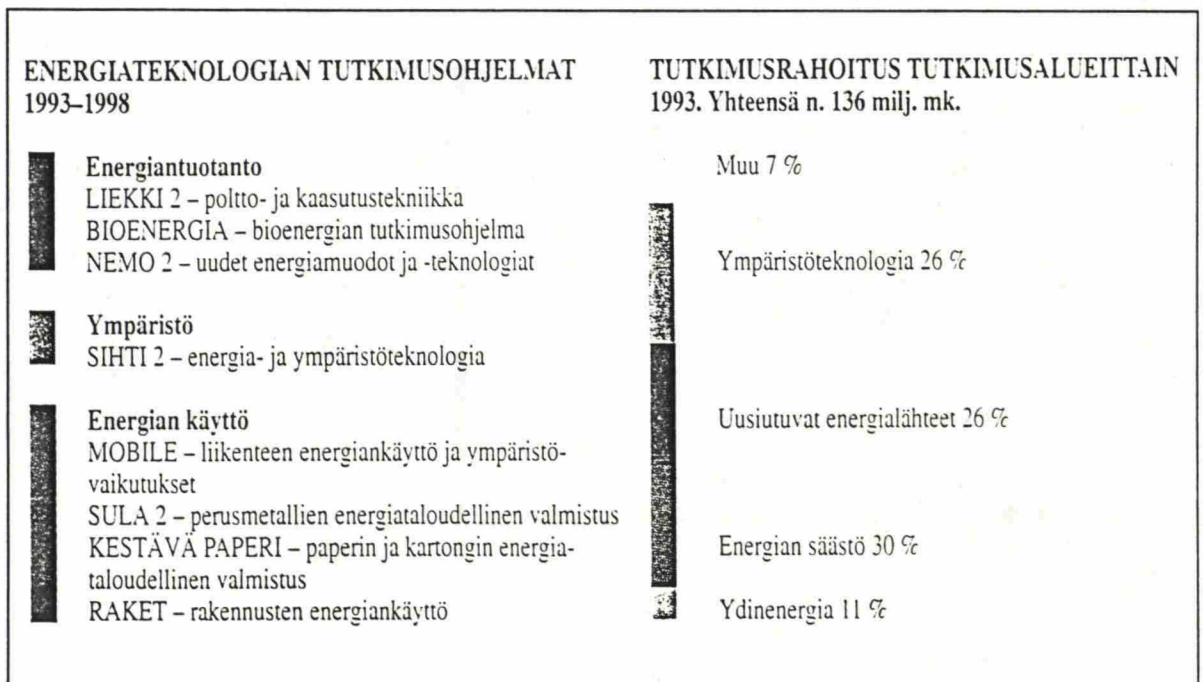
Uusien energian tuotantoteknologioiden tutkimukselle ollaan vasta luomassa tutkimusperinnettä. Kauppa- ja teollisuusministeriön rahoittamista tutkimusohjelmassa tärkeimpiä tutkimusalueita ovat aurinko- ja tuuliteknologia sekä energian varastointi. Kansainvälisesti verrattuna Suomen tutkimuspanostukset jäävät melko vaatimattomaksi. Uutta teknologiaa olisi mahdollista koestaa ja tukea kaupallisesti kotimarkkinoilla, mutta toistaiseksi teknologian taso ei ole ollut riittävän kehittyntä. Julkinen rahoitus on kuitenkin auttanut suomalaisia yrityksiä pääsemään mukaan alan kansainväliseen tutkimusyhteisöön ja onnistumisen edellytykset ovat tälläkin alueella olemassa.²²⁸

²²⁷ *ibid*, 5-6

²²⁸ *ibid*, 7

Kansallisella tutkimuksella halutaan parantaa kotimaisen teollisuuden kaupallisia edellytyksiä, arvioida uuden energiatekniikan hyödyntämismahdollisuuksia Suomessa sekä luoda tutkimusperinnettä. Nykyisissä energiatutkimusohjelmissa on syntynyt osaamiskeskuksia, joiden tietoja ja taitoja pyritään jatkossa hyödyntämään tehokkaasti. Julkisrahoitteisen tutkimuksen tavoitteena on myös tulosten markkinoille pääsyn varmistaminen mm. koetoiminnan ja ensimmäisten kaupallisten sovelluksien tukemistoiminnalla. Ympäristövaatimusten ollessa nykyisten energialähteiden tärkein kriteeri kehitetään mm. bioenergia ja muun uusiutuvan energian tekniikoita entisestään. Samalla tiivistetään kansainvälistä yhteistyötä teknologian siirron ja kehityksen varmistamiseksi myös jatkossa.²²⁹

Kuva 4.6: KTM:n energiateknologian tutkimusohjelmat ja tutkimusrahoitus tutkimusalueittain 1993-1998



Lähde: Bioenergia 1990

²²⁹ ibid, 3, 7

5 ENERGIA TEKNOLOGIAN SIIRRON MEKANISMI SUOMESSA - TEORIAN JA EMPIRIAN VERTAILUA

Tämän kappaleen tarkoituksena on analysoida Suomen energiateknologisen muutoksen taustalla olevaa teknologian siirron mekanismia kansainvälisen teknologian siirron näkökulmasta. Miten Suomen asema on muuttunut teknologian siirron kehityskaarella energiateknologian vastaanottajasta sen luovuttajaksi?

5.1 Energiateknologian siirtoprosessi Suomessa

Suomen teknologian siirron väylät poikkeavat energiateknologian osalta yleisesti suositellusta mallista. Kontrolloidun teknologian siirron väyliä on käytetty vähän verrattuna yleisiin siirron väyliin. Käytetyimpiä siirtoväyliä olivat pitkälle 1970-luvulle saakka luonnollinen diffuusio, ulkomaiset asiantuntijat, omien kansalaisten matkat ulkomaille sekä koneiden ja laitteiden tuonti. Sähköistämiskehityksen alkuaikoina tapahtunut sähkön siirron kehitys ja sitä edistänyt energiateknologian siirto maahamme oli hyvin pitkälle suomalaisten oman toimeliaisuuden ansiota ja ulkomaisten asiantuntijoiden ja yritysten rooli oli toisarvoinen. Tehokkaammiksi luokitellut siirtoväylät kuten suorat ulkomaiset investoinnit, ulkomaiset patentit ja lisenssit, yhteistyöyritykset ulkomaisten yritysten kanssa ja avaimet käteen toimitukset ovat yleistyneet vasta parin viime vuosikymmenen aikana.

Energiamarkkinoiden kansainvälistyminen alkoi varsinaisesti toisen maailmansodan jälkeen. Vaikka koneiden ja laitteiden tuonti säilyi edelleen johtavana siirtoväylänä, sen rinnalle tulivat mm. patenttien ja lisenssien ostot sekä lisääntynyt yhteydenpito ulkomaisiin asiantuntijapiireihin. Edelleen pidettiin kuitenkin jossain määrin kiinni taloudellis-nationalistisesta linjasta, jonka seurauksena yhteistyöprojektienkin johto ja suunnittelu olivat useimmiten suomalaisten käsissä. Maan teknologisen osaamisen taso kasvoi ja suomalaiset yritykset siirtyivät ulkomaisen teknologian jäljittelystä ja sopeuttamisesta teknologian edelleen kehittämiseen ja alkuperäisten innovaatioiden tekemiseen.

Kaiken kaikkiaan voi todeta, että suomalainen teknologian siirron malli on selkeästi aktiivisen vastaanottajan malli, jossa liiallista sitoutumista yksittäisiin teknologian luovuttajiin on haluttu välttää. Linjavalinta on tarkoittanut tukeutumista pitkälti yleisiin teknologian siirron väyliin, joita pidetään kontrolloituja väyliä tehottomampina. Suomen energiateknologinen kehitys on tämän vuoksi ollut ehkä hitaampaa kuin se olisi voinut olla, mutta kiistaton tosiasia on että juuri poikkeuksellisten väylävalintojen vuoksi Suomen energiateknologinen osaaminen on nykyisin vankalla pohjalla. Suomen esimerkki osoittaaakin, että

kontrolloidut väylät eivät ole ainoa ratkaisu vähemmän kehittyneiden maiden teknologisen kehityksen saavuttamisessa.

Kuva 5.1: Suomalaisten eri aikakausina käyttämät teknologian siirron väylät tärkeysjärjestyksessä esitettynä (3 = tärkein)

Teknologian siirron väylät	Aikajaksot		
	1809- 1917	1918- 1944	1945- 1992
1 Suorien ulkomaisten sijoitusten vastaanottaminen	1	1	1
2 Ulkomaisten koneiden ja laitteiden tuonti	3	3	3
3 Turn-key laitosten hankinta	0	0	1
4 Ulkomaisten lisenssien ja patenttien hankinta	1	2	3
5 Yhteisyritysten perustaminen ulkomaisten yrittäjien tai yhtiöiden kanssa	1	0	1
6 Ammattityövoiman, mekaanikkojen, insinöörien, opettajien ja konsulttien rekrytointi ulkomailta tai luvan hankkiminen joukkomuutolle, joka koostuu laajasta valikoimasta ihmisiä (ammattitaidottomista työntekijöistä ammattilaisiin)	3	2	1
7 Kansalaisten ulkomaisiin kouluihin ja yliopistoihin tai tehdasharjoitteluun, kansainvälisiin konferensseihin ja messuihin tai ammatillisiin kontakteihin suuntautuvien matkojen kannustaminen yms.	3	2	3
8 Helposti saatavilla olevan teknologian "luonnollisen leviämisen" tai halvan leviämisen hyödyntäminen: taitotiedon leviäminen kaupan ja tieteellisten julkaisujen, ulkomaisten tuotteiden analysoinnin jne. kautta	2	3	3

Lähde: Myllyntaus 1992, 244

5.2 Suomen olosuhteiden vaikutus teknologian siirtoon

Teknologian siirron väylien valintaan ovat Suomessa vaikuttaneet lukemattomat eri tekijät. Ehkä merkittävimpiä ovat olleet:

- maamme länsimaisia arvoja noudattava historia,
- kansalaisten suhteellisen korkea sivistystaso,
- energiantensiivinen teollisuusrakenne,
- valtion harjoittama taloudellinen nationalismi,
- maailmantalouden suhdanteet ja
- sattuma.

Sähköistyksen alkuaikoina maamme yhteiskunnallisella ilmapiirillä oli suuri osuus kehityskulkuun. Kansainvälisesti valveutunut lehdistö ja kansalaisten hyvä luku- ja kirjoitustaito olivat hyvä pohja sähkötekniikan omaksumiselle maassamme. Niin hallitus kuin yleinen mielipidekin vastustivat pitkään suoria ulkomaisia investointeja Suomeen ja lainsäädännöllä vaikeutettiin ulkomaista omistusta voimalaitoksissa. Merkittävä panos maan sähköistämiskehityksen nopeuteen tuli sen sijaan suomalaisilta alan pioneereilta ja voidaankin sanoa, että Suomen sähköistämiskehityksen saattoi alkuun ennemminkin näiden henkilöiden yrittäjähenkisyys kuin tieteellinen tieto ja tekninen asiantuntemus. Ilman tätä omien kansalaisten joukkoa, joka innokkaasti ajoi sähköistämisasiä, sähkötekniikan omaksuminen olisi ollut maassamme huomattavasti hitaampi prosessi.

Valtiolla on ollut energiatalouden kehittämisessä vahva taustavaikuttajan rooli. Pääosin tämä johtuu energia-alan strategisesta asemasta yhteiskunnassa sekä sen suuria investointeja vaativasta luonteesta. Suoraa vaikuttamista energiateknologisen kehityksen suuntaan valtion taholta on Suomessa harjoitettu suhteellisen vähän. Energiapolitiikan ja teknologiapolitiikan keinoin on tyydytty pitkälti tukemaan markkinavoimien vaikutuksesta tapahtuneita muutoksia. Valtion ansioksi voidaan lukea energia-alan kilpailullisuus, joka on ollut Suomessa kansainvälisesti verrattuna poikkeuksellisen suurta; lukuunottamatta vuosia 1930-57 energiateknologian markkinat ovat olleet Suomessa täysin vapaat ulkopuoliselle kilpailulle. Avoin kilpailu on luultavasti ollut yksi tärkeimmistä kotimaisen energiateknologian kehitykseen vaikuttaneista tekijöistä, sillä kovan kilpailun seurauksena kotimarkkinayritykset ovat joutuneet tarkoin harkitsemaan millä alueilla niiden kilpailukyky on vahvimmillaan.

Valtion omistamien energiayhtiöiden voidaan sanoa toimineen koko olemassaolonsa ajan yleisten liikeloudellisten periaatteiden pohjalta, eikä valtio ole juurikaan ohjannut niiden toimintaa. Energiayhtiöillä ja erityisesti IVO:lla on energiateknologian siirrossa ja kehityksessä merkittävä rooli: valtion ohella ne kuuluvat alan suurimpiin T&K -työn rahoittajiin. Valtion 1980-luvun lopulla voimistuneen energia-alan T&K -työn rahoituksen tavoitteena on ollut luoda energia-alalle kansallista innovaatiojärjestelmää mukailien julkisen ja yksityisen sektorin toimijoista muodostettu verkosto. Tulokset viittaavat siihen että tavoitteissa on onnistuttu hyvin.

5.3 Suomen energiateknologinen muutos

Tarkasteltavan ajanjakson aikana, 1800-luvun lopulta nykypäivään, Suomen energiahuolto ja teknologiaosaaminen ovat ottaneet suuren harppauksen eteenpäin. Suomeen on

vähitellen rakennettu tehokas ja koko maan kattava energiahuolajärjestelmä. Samalla energiateknologia-ala on käynyt läpi rakennemuutoksen kotimarkkinateollisuudesta nousevaksi vientialaksi ja nykyisin se on yksi nopeimmin kasvavista vientialoistamme. Teknologian vastaanottajasta on tullut teknologian luovuttaja. Energia-alan kehitys on tapahtunut melko hitaasti, johtuen luultavasti teknologian siirtoon käytetyistä yleisistä teknologian siirron väylistä. Toisaalta näin on osaltaan parannettu teknologisen osaamisen sitoutumisasastetta kotimaisiin voimavaroihin ja varmistettu kehityksen jatkuvuus.

Suomen energiateknologisen muutoksen keskeisimmät virstanpylväät ovat olleet:

- sähköteknologian siirto Suomeen 1880-luvulla,
- Imatran voimalaitoksen ja siihen liittynyt suurvoiman siirron rakentaminen,
- maaseudun sähköistys,
- Pohjois-Suomen vesistöjen rakentaminen ja niiden voiman johtaminen Etelä-Suomeen,
- yhteispohjoismaisen siirtoverkon rakentaminen ja Nordel-yhteistyö,
- teollisuuden vastapainevoiman ja kaukolämmön mittava rakentaminen 1960-1970-luvulla,
- ydinvoimalaitosten rakentaminen sekä
- ympäristöä säästävä lämpövoimateknologia.

Yhteenvedona voidaan sanoa, että energiateknologinen muutos on Suomessa kulkenut teollistumiskehityksen ja energiahuollon rakentamisen vanavedessä. Teknologian kehittäjiä ovat olleet teollisuus, valtio sekä tutkimuslaitokset. Tutkimus- ja kehittämistoiminnan päärahoittajana on toiminut valtio. Yleisten väylien käyttö teknologian siirrossa näyttää olleen Suomelle oikea ratkaisu, jonka avulla kotimaista teknologia osaamista on pystytty kasvattamaan kansainvälisestäikin vertailuna korkealla tasolle.

6 TULEVAISUUDEN NÄKYMÄT

Kaksikymmentä vuotta ensimmäisen öljykriisin jälkeen maailman energiamarkkinat ovat jälleen murroksessa. Nopeasti teollistuvien kehitysmaiden energiantarpeen tyydyttäminen muodostaa ihmiskunnalle jättiläismäisen haasteen: Millä keinoin on mahdollista tuottaa miljardien ihmisten tarvitsema sähkö, mistä saadaan rahat suunnattomiin investointeihin ja miten suojellaan ilmakehää hiilen sekä öljyn massiiviselta poltolta?²³⁰ Energian kuluttajamaissa tapahtuneen siirtymän vaikutukset paljastuvat vasta vuosien kuluttua. Kuitenkin jo nyt tiedetään, että muutokset tulevat olemaan suuria ja kauaskantoisia.²³¹

Oman energiahuoltomme toimivuuden kannalta päätöksiä on tehtävä perusvoiman tuotantomuodon suhteen. Vaihtoehtoina on ydinvoiman lisärakentamisen hylkäämisen jälkeen hiili ja kaasu tai puu ja turve. Mahdollista on myös ydinvoiman ottaminen uudelleen esille. Energiamuotojen välisiä valintoja ohjaavat Suomessakin taloudellisten tekijöiden lisäksi ympäristövaikutukset, jotka ovat astetta monimutkaisempia.²³² Pitkällä aikavälillä energiapoliittiset linjaukset vaikuttavat suomalaisen energiateknologian kehityksen suuntaan, sillä kotimarkkinoilla tapahtuvalla koetoiminnalla on suuri merkitys teknologian kysynnälle. Energiapoliittisten linjausten päätyessä uusiin energiateknikoihin kotimaisella energiateknologialla on mahdollisuus kehittyä tulevaisuuden kannalta ensisijaisella alueella. Energiateknologian ympäristöystävällisyys on tulevaisuudessa hinnan ohella tärkein ostopäätökseen vaikuttava tekijä. Energiateknologinen kehitys luo toiveikkuutta tulevaisuuteen. Tekniikka avaa koko ajan uusia mahdollisuuksia uusiutuvien energialähteiden käytölle ja parantaa niiden hyötysuhdetta. Suomi on monella energiatekniikan alueella maailman johtavia maita.

6.1 Globaaliset kehitysnäkymät ja niiden vaikutus energiateknologiaan²³³

Maailman energiamarkkinoilla on meneillään merkittävä siirtymävaihe. Energiankysynnän laatu ja määrä riippuvat yhä vähemmän rikkaista maista ja yhä enemmän Latinalaisen Amerikan ja Aasian kehitysmaista. Kansainvälinen energiajärjestö IEA tänä vuonna julkaiseman skenaarion mukaan rikkaiden maiden osuus maailman energiankulutuksesta laskee vuoteen 2010 mennessä ensimmäisen kerran teollistumisen aikakaudella 50

²³⁰ Suomen kuvalehti, 40/94, 37

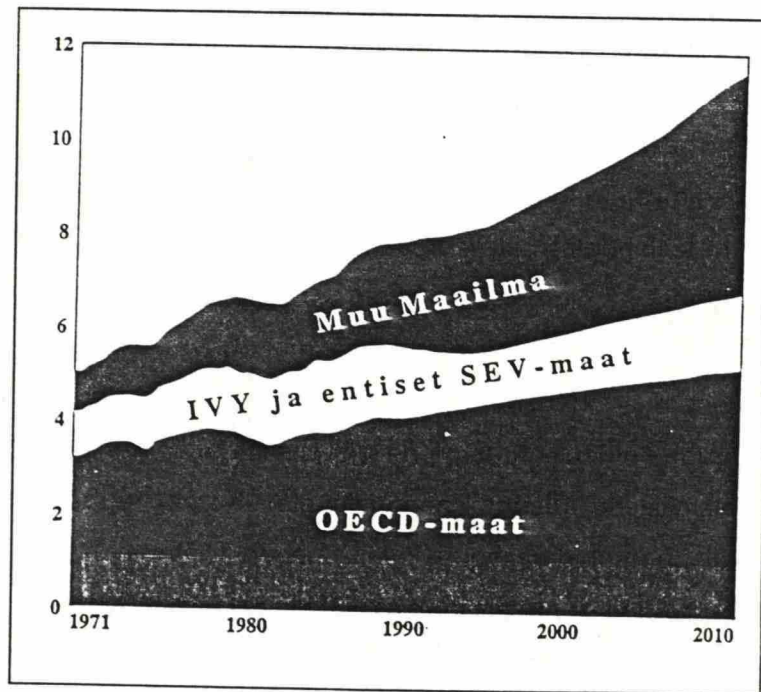
²³¹ Carr 1994, 38

²³² Suomen Kuvalehti 40/94, 37

²³³ Luvun sisältö perustuu pääosiltaan lähteeseen Carr 1994, 38-44

prosentin alapuolelle. Itä-Euroopan ja entiseen Neuvostoliittoon kuuluneiden valtioiden kulutus on silloin laskenut kuudennekseen. Ns. kehitysmaiden osuus on sitä vastoin 40 prosenttia nykyisen 27:n asemesta ja nousee ennennäkemätöntä vauhtia. Kehitysmaiden energiankulutuksen kasvu vuodesta 2000 vuoteen 2010 on tämän ennustuksen mukaan suurempi kuin Länsi-Euroopan nykyinen kulutus. Tämän seurauksena vuonna 2010 kehitysmaiden ilmakehän hiilidioksidipäästöt ovat lähes yhtä suuret kuin koko maailman päästöt vuonna 1970.

Kuva 6.1: Maailman primäärienergian kysyntä (1000 Mtoe)



Lähde: Rouvinen 1994, 28

Maailman energianeuvosto WEC, on niin ikään julkaissut omia skenaarioitaan energiamarkkinoiden kehityksestä. Niiden mukaan nopean kasvun tapauksessa maailman energiankysyntä saattaisi vuonna 2020 olla kaksinkertainen nykyiseen verrattuna. Sähköntuotantokapasiteettia rakennettaisiin tuohon ajankohtaan mennessä enemmän kuin sitä rakennettiin sadan viimeksi kuluneen vuoden aikana. Energialähteiden käytön suhteelliset osuudet säilyisivät tämän ennusteen mukaan suurin piirtein ennallaan. Vähäistä siirtymistä tapahtuisi vain öljyn käytöstä maakaasuun ja kivihiileen. Käytännössä tämä tarkoittaisi kuitenkin sitä, että kivihiilen tuotanto olisi yli kaksi kertaa Britannian tunnettujen kivihiilivarojen määrä. Kaasun kohdalla käyttö kasvaisi lähes Amerikan nykyisten kaasuvarojen suuruiseksi.

Latinalainen Amerikka ja enetenkin Aasia hallitsevat niin IEA:n kuin WEC:nkin skenaarioiden lukuarvoja. Esimerkiksi Intiassa ja Kiinassa asuu yhteensä 40 prosenttia maailman väestöstä, joten on ilmeistä, että niiden kehityksellä on voimakas vaikutus maailman energiamarkkinoiden tulevaisuuteen. Tähän saakka valtaosa energiasta on kulutettu rikkaissa maissa ja siten niiden taloudessa tapahtuneet vähäisetkin muutokset ovat peittäneet alleen kehitysmaiden energiankysynnässä jo pitkään jatkuneen kasvun. Läntisissä teollisuusmaissa tapahtunut energiatalouden tehostuminen ja 1980-luvun kaksi laskukautta pitivät sen vuoksi öljymarkkinat vaisuina, vaikka öljyn kysyntä Aasian kehitysmaissa (eli Japanin, Australian ja Uuden-Seelannin ulkopuolella) kasvoi yli 80 prosenttia jaksolla 1981-1992. Muutos on kuitenkin tulossa ja seuraavan 25 vuoden aikana kehitysmaiden energiankysyntä saattaa puolestaan jättää varjoonsa "vanhoissa" teollisuusmaissa tapahtuvan kehityksen. Kun länsi pyrkii panemaan hiilidioksidipäästönsä kuriin arvaamattomien ilmastomuutosten pelossa, Kiina ja Intia lisäävät kivihiiilen polttamista niin paljon ettei länsimaiden toimilla tuntuisi kokonaisuutta ajatellen olevan juurikaan merkitystä.

Esitetyt skenaariot saattavat vaikuttaa mekaaniselta nykyisten kehityskäyrien jatkamiselta tulevaisuuteen. Energiemarkkinoilla tapahtuvien siirtymien väistämättömyys johtuu kuitenkin siitä, että kehitysmaissa energian kysyntää paisuttavat vastustamattomat voimat. **Ensinnäkin** maailman väestö kasvaa vuoteen 2020 mennessä 2,7 miljardilla, josta yli 60 prosenttia tapahtuu Aasiassa ja Latinalaisessa Amerikassa. **Toiseksi** kyseisissä maissa on meneillään teollistumiskehityksen varhainen vaihe, jolloin ympäristöstä keräilemällä saatavien polttoaineiden - yleensä puiden, lannan ja olkien - käyttäjät ryhtyvät vähitellen kuluttamaan kaupallisia energialähteitä, kuten paloöljyä ja kivihiiltä. Teollistumisen alkuvaiheissa tapahtuu myös kaupungistumista, jonka seurauksena energian tarve kasvaa; energiaa tarvitaan ihmisten työmatkoihin, teollisuuden raaka-aineiden kuljettamiseen, kulutustavaroiden valmistamiseen ja jakeluun, betonin ja teräksen tuottamiseen, puun ja nahan korvaamiseen raudalla ja muovilla, teiden rakentamiseen jne. Eräissä tutkimuksissa tultiinkin siihen johtopäätökseen, että pelkästään kaupunkiväestön kaksinkertaistuminen Intiassa ja Kiinassa - mikä IEA:n käsityksen mukaan tapahtuu vuoteen 2010 mennessä - nostaa maiden energian kysyntää 45 prosentilla nykyisestä. Toisaalta kehitysmaiden asukkaat käyttävät tuolloinkin henkeä kohti paljon vähemmän energiaa kuin rikkaiden maiden asukkaat nykyisin.

Yksi keskeisimmistä tulevaisuuden energiankulutukseen vaikuttavista muuttujista on rahoitus. Energian kysyntä on melkoisella varmuudella olemassa, samoin kuin öljy-, kivihiili- ja kaasuvarat. Ennustetun kehityskulun saattaakin muuttaa se, että kehittyvillä kansantalouksilla ei ole riittäviä pääomia energian tuottamiseen ja kuluttamiseen tarvitta-

van infrastruktuurin rakentamiseen. Esimerkiksi Aasiassa on jo 1990-luvulla arvioitu tarvittavan vesivoiman, öljyn, kaasun, kivihiilen, putkijohtojen ja jalostamojen hankkimiseen pääomia yhteensä 1,1 miljardia dollaria. Erityisen ratkaisevaksi rahoituksen osuus muodostuu sähkövoiman tuottamisen osalta, sillä se on pääomavaltaisinta energianhankintaa, ja samalla kaikkein eniten muutoksen tarpeessa.

Pitkällä aikavälillä vaikuttaa siis varsin ilmeiseltä, että nykymuotoiset energialähteet ja teknologiat eivät ensinnäkään riitä tyydyttämään potentiaalista energian kysyntää ja toiseksi, ovat liiaksi ympäristöä kuormittavia. Keskeisimmiksi ongelmiksi muodostuvat konventionaalisten öljyvarojen riittävyys ja fossiilisten polttoaineiden käytöstä aiheutuva kasvihuoneilmiö. Nähtävissä on suuntaus, jossa energian tuotantoa pyritään hallitusten toimesta ohjaamaan ympäristöystävälliseen suuntaan mm. erilaisten rajoitusten ja verotuskäytäntöjen avulla. Tällä olisi luultavasti teknologista evoluutiota edistävä vaikutus.²³⁴ Teknologian siirto tulee mitä luultavammin olemaan yksi tärkeimmistä keinoista nopeasti teollistuvien maiden energiantarpeen tyydyttämisessä, sillä jo aiemmin on havaittu, että pelkkä teknologian vienti näihin maihin ei tule ratkaisemaan ongelmia kuin väliaikaisesti. Tietotaidon puuttuessa koneilla ja laitteilla kun on taipumus mennä epäkuntoon suhteellisen lyhyessä ajassa.

Maailman institutionaalisissa olosuhteissa on nähtävissä merkittäviä muutoksia. Vapautuva maailmankauppa ja taloudellinen integraatio alkavat koskea myös energiataloutta. Muutoksilla on selvät vaikutukset uuden energiateknologian kehittymiseen ja samalla myös kansainväliseen teknologian siirtoon. Ensinnäkin teknologiamarkkinat laajenevat yhtenäisiksi maailmanmarkkinoiksi, mikä on omiaan lisäämään teknologista kilpailua ja sitä kautta myös teknologisen evoluution nopeutumista. Aikaisemmin energia-alan laite- ja palvelumarkkinat ovat olleet suhteellisen suljetut, joten muutos antaa voimakkaan positiivisen sysäyksen uuden energiateknologian kehittymiselle. Toisaalta globaalilla integraatiolla on myös puhtaasti kansallisten omaehtoisten teknologioiden kehityspotentiaaleja vähentävä vaikutuksensa. Energian tuotannossa aletaan yhä enemmän noudattaa globaalisia standarditeknologiaa, joiden saanti on mahdollista kaikille osapuolille. Tästä johtuen kansallisen energiateknologian kehittäminen on jatkossa perusteltua vain siinä tapauksessa, että ne ovat yleisestikin kilpailukykyisiä ja käyttökelpoisia. Kansainvälinen teknologinen työnjako ja erikoistuminen lisääntyy myös energia-alalla.²³⁵

²³⁴ Hannus 1992, 14

²³⁵ ibid

KTM:n skenaarioiden mukaan pitkällä aikavälillä globaalinen energiateknologian tulevaisuus voidaan jakaa neljään eri perusvaihtoehtoon ns. kestävän energiajärjestelmän rakentamiseksi:

- Uudistuva aurinkoon ja tuulienergiaan perustuva järjestelmä, jossa energian siirto ja varastointi hoidettaisiin joko vetyteknologialla tai globaalisesti integroidulla sähköverkostolla
- Ydinenergiavaihtoehto, jossa siirryttäisiin asteittain fissiovoimasta hyötyreaktoreihin ja fuusiovoimaan
- CO²-poistoilla varustettu kivihiltä polttava sähköntuotantojärjestelmä
- Satelliitteihin ja mikroaaltolinkkeihin perustuva aurinkoenergian hyödyntämisjärjestelmä

Skenaarioanalyysin johtopäätös on, että jokainen edellä mainittu vaihtoehto sisältää sen kaltaisia perusongelmia, ettei ole odotettavissa, että yksikään niistä voisi yksin saavuttaa dominoivaa roolia maailman energiataloudessa. Näin ollen oletetaan, että maailman energiatalouden kehitys jatkossakin perustuisi varsin moneen eri vaihtoehtoiseen rinnakkaiseen ja keskenään kilpailevaan teknologiaan.²³⁶

Taulukko 6.1: Arvio uusien energiateknologioiden kehityksestä

Energiateknologia		Kehitysvaihe 1990-luku	Kehitysvaihe 2000 -
Aurinkosähkö	piensovellukset	demonstraatio - kaupallinen	kaupallinen
	voimantuotanto	laboratorio - demonstraatio	demonstraatio - kaupallinen
Tuulivoima	alle 500 kW	demonstraatio - kaupallinen	kaupallinen
	yli 500 kW	demonstraatio	kaupallinen
Polttoteknologia	paineistettu	pilot - demonstraatio	kaupallinen
	kaasutus	pilot - demonstraatio	kaupallinen
Polttokennot	fosfori	demonstraatio - kaupallinen	kaupallinen
	sulakarbonaatti	pilot	kaupallinen
	korkealämpöt.	laboratorio	demonstraatio - kaupallinen
Vetyteknologia		laboratorio - pilot	pilot - demonstraatio
Fuusio		teoria	pilot

Lähde: Rouvinen 1994, 34

²³⁶ ibid, 15

6.2 Euroopan energiatalous²³⁷

Kiinan ja Intian taloudellinen kehitys ja siitä aiheutuva energian kysynnän suunnaton kasvu on suurin haaste koko maailman ja siten myös Euroopan tulevalle energiapolitiikalle. Sitä mieltä ollaan ainakin Euroopan unionin energiajärjestön Thermien piirissä. Järjestö on perustettu tukemaan uusia energiahankkeita, auttamaan niiden pääsyä markkinoille ja yhtenäistämään koko Euroopan unionin energiapolitiikkaa. Tuettavien hankkeiden päämääränä on energian säästö rakentamisessa, teollisuudessa ja liikenteessä sekä uusien energiamuotojen tutkiminen ja vanhojen edelleen kehittäminen. Kuten jo aiemmin todettiin päämäärät ovat jo pitkään olleen jokseenkin samat myös Suomen energiapolitiikassa.

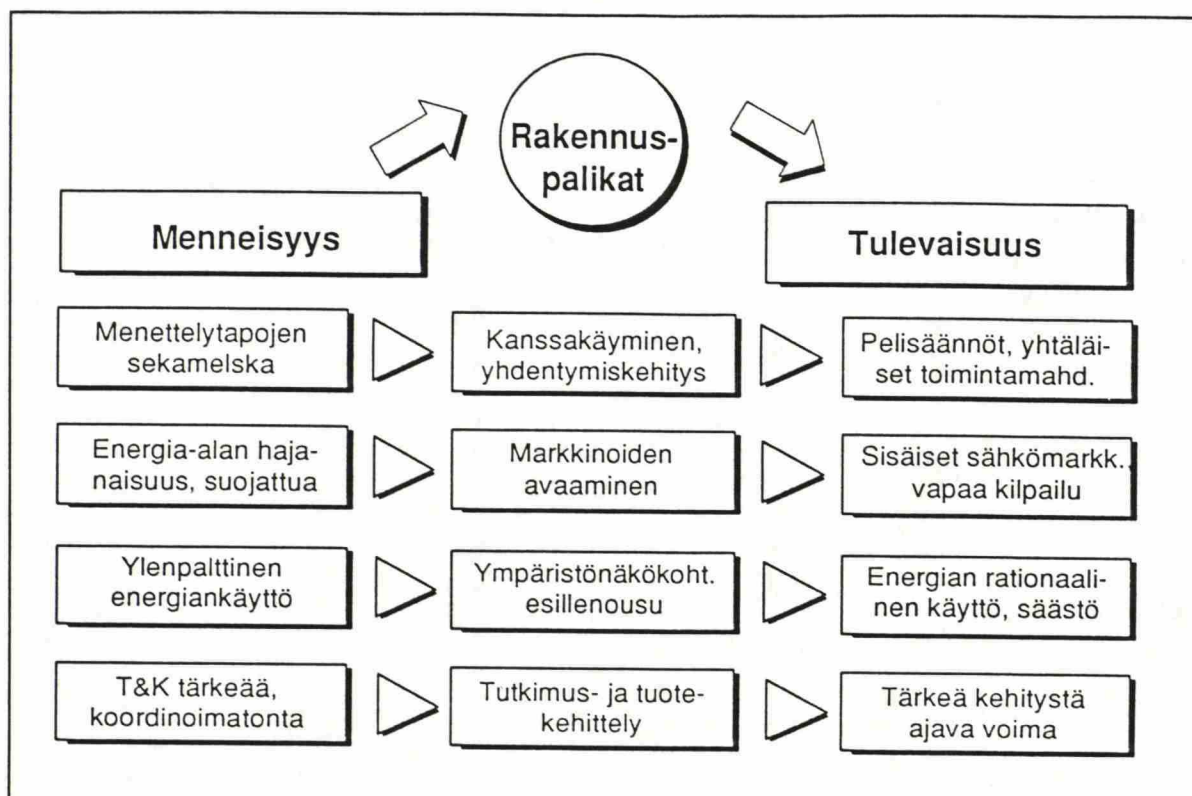
Euroopan oma energiankäyttö muuttuu tulevaisuudessa ilman kolmannessa maailmassa tapahtuvia mullistuksiaikin. Ensinnäkin energian nettotuonti Eurooppaan kasvaa lisääntyvässä määrin tulevaisuudessa, sillä maanosan käytössä olevat öljyvarat ehtyvät 2010-luvulla. Toinen sysäys energiantuotannon muuttamiseen tulee ympäristösuojelusta. YK:n ilmastopaneeli IPCC on arvioinut, että kasvihuoneilmiön pitäminen kurissa edellyttää hiilidioksidipäästöjen laskemista alle puoleen vuoden 1990 tasosta 2050-luvulle tultaessa. Jo nyt Thermien hankkeiden avulla on saavutettu merkittäviä päästöjen vähennyksiä. Hiilidioksidipäästöt ovat laskeneet vuositasolla 11,8 miljoonaa tonnia, rikkidioksidin osalta pudotus on ollut 75 000 tonnia ja typen oksidien 30 000 tonnia. Päästöjen vähentämistä varten on saatettu alkuun uutta alan teollisuutta noin 40 miljardin markan arvosta.

Tulevaisuudessa Euroopassa käytetään vielä lisääntyvässä määrin öljyä ja kiinteitä polttoaineita, mutta lupaavimpana niitä korvaavana energialähteenä pidetään melko yleisesti biomassan käyttöä. Suhteellisesti eniten tullee lähivuosikymmeninä kuitenkin kasvamaan kaasun käyttö, jopa 60 prosenttia kymmenessä vuodessa. Ydinvoiman osuus alkaa sen sijaan vähitellen hiipua. Aurinkosähkön, energiapeltojen, teollisuus- ja maatalousjätteiden käyttö sekä metsätalouden jätteiden kaasutus ovat EU:ssa demonstraatiovaiheessa, eli koelaitosten perustamisvaiheessa. Kauimpana toteutuksesta eli tutkimusvaiheessa ovat mm. aaltoenergia, vuorovesi ja maalämpö. Esimerkiksi fuusioenergia on toistaiseksi kokonaisuudessaan EU:n skaalan ulkopuolella.

Energia-alan markkinat tulevat avautumaan sähkön siirron vapautuessa Euroopassa Iso-Britannian ja Skandinavian mallin mukaan (ks. luku 3.6.2). Kehityksen aikataulu on kuitenkin toistaiseksi epävarma. Markkinoiden vapautuessa lisääntyy energia-alan kilpailu ja samalla kasvaa kansainvälinen T&K -yhteistyö. Nämä muutokset näkyvät kuvassa 6.2.

²³⁷ Luvun sisältö perustuu pääosiltaan lähteeseen Ukkola 1994, 46-47

Kuva 6.2: Euroopan energia-alan tulevaisuus



Lähde: Rouvinen 1994, 28

6.3 Suomen energia-alan tulevaisuus

Suomessa on pitkään kiistelty energian tuotantokapasiteetin riittävyydestä lähitulevaisuudessa ennustetun energian kulutuksen kasvun kattamiseksi. Energian tuottajilla ja energian suurkuluttajalla teollisuudella on asiasta omat käsityksensä. KTM:n uusimmassa ennusteessa energian kulutuksen arvioidaan vuoteen 2000 mennessä kasvavan nopeammin kuin edellisen vuoden arviossa. Viime syksyn ydinvoimapäätöksen yhteydessä arvioitiin sähkön kulutuksen olevan 76 TWh:a vuosituhanen vaihteessa. Nyt ennustetaan kulutuksen nousevan yli 80 TWh:iin. Vuonna 1993 sähkön kulutus oli 65,6 TWh:a. Teollisuuden Energialiiton ennusteet ovat samansuuntaisia, mutta niissä kasvu on jyrkempi.²³⁸ Lisäkapasiteettia on joka tapauksessa rakennettava. Kokonaan toinen asia on rakennettavan lisävoiman muoto, josta osapuolilla on eriävät mielipiteet. Yksimielisiä ollaan ainoastaan siitä, että mikään yksittäinen energiamuoto ei tule ratkaisemaan Suomen kasvavaa energiantarvetta.

Suomen hankalat olosuhteet ja energiantensiivinen teollisuus ovat vaikuttaneet siihen,

²³⁸ Piispa 1994, 51-54

että energian säästöön tähtäävään energiateknologian kehittämiseen on jatkuvasti kiinnitetty huomiota. Yksin säästöilläkään ei kuitenkaan voida vastata energian kysynnän kasvuun. Toiveita herättävästä bioenergiasta saadaan KTM:n arvion mukaan merkittävä energiamuoto vasta 10-15 vuoden kuluttua. Nykyisin puuperäiset polttoaineet vastaavat noin 15 prosentista energian kokonaiskulutuksesta. Ydinvoiman lisääminen on mahdotonta ainakin lähivuosina ja monen mielestä pysyvästi. Vesivoima on jo rakennettu, aurinkovoima edellyttää toistaiseksi liian kallista teknologiaa ja tuulimyllyjä tarvittaisiin valtava määrä. Teollisuuden vastapainelaitoksia, joissa käytetään teollisuusjätteitä, haketta ja turvetta on liian vähän. Toistaiseksi KTM:ssä on päädytty ratkaisuun, jossa perusvoiman ainoiksi todelliseksi vaihtoehtoiksi lyhyellä aikavälillä jäävät hiili ja tuontisähkö. Kumpikaan näistä vaihtoehtoista ei kuitenkaan täysin vastaa energiapolitiikan tavoitteita ympäristöystävällisempään suuntaan kehitettävästä energiateknologiasta. Hiili on aina ongelmallinen energialähde, sillä vaikka teknologiaa on Suomessa pystytty parantamaan huomattavasti, päästöjä syntyy väistämättä. Tuontisähkö taas on pääosin peräisin Venäjän ydinvoimalaitoksista.²³⁹

Pitkällä aikavälillä tilanne näyttää kuitenkin hieman toiselta. Jo 1988 alkaen KTM on panostanut tulevaisuuden energiatekniikoiden tutkimus- ja kehitystyöhön (ks. kappale 4.4). 1992 päättyneitä ohjelmia jatketaan nyt kahdeksalla uudella tutkimusohjelmalla. Esi-merkkeinä mainittakoon kehitysprojektiin kuuluvat ohjelmat: Nemo2, joka tähtää tuuli- ja aurinkoenergian käytön lisäämiseen sekä teknologiavientiin; Liekki2, jossa panostetaan ympäristön kuormitusta vähentäviin poltto- ja kaasutustekniikoihin sekä bioenergia-ohjelma, jossa tutkitaan puun, turpeen ja muun biomassan käyttötapoja polttoaineena. KTM:n tutkimusprojektin tavoitteena on lisäksi kehittää liikenteen ja teollisuuden energiankäyttöä ympäristöä säästävään suuntaan.²⁴⁰

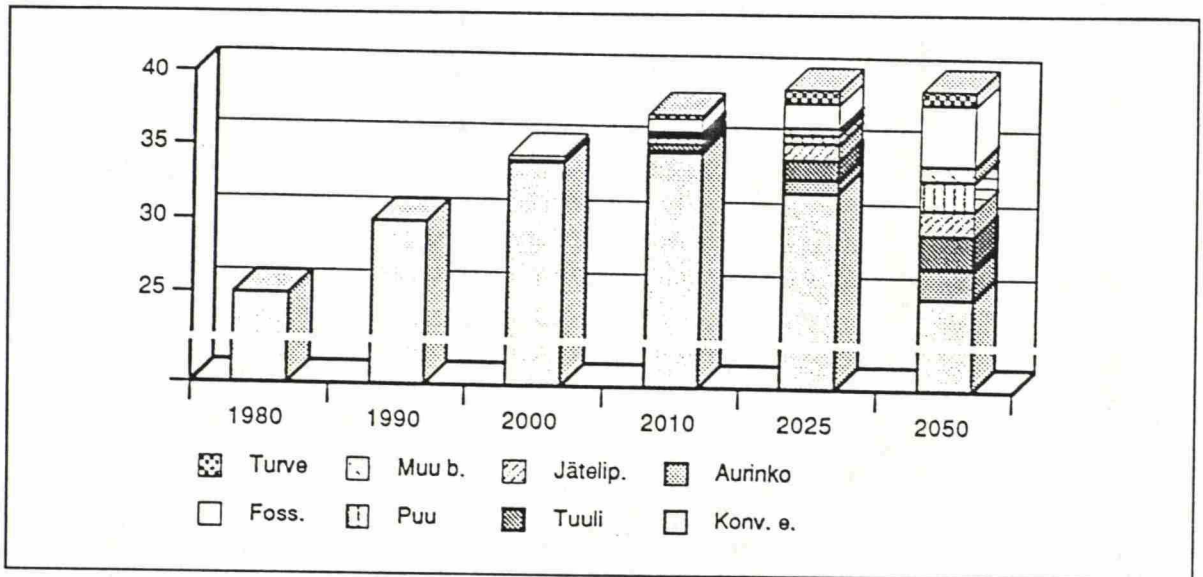
Uusien energiateknologioiden arvioidaan alkavan vaikuttaa merkittävästi energiahuoltoon vasta vuoden 2020 jälkeen. Tällä hetkellä niiden osuus maailman energian tuotannosta on noin 0,03 prosenttia. Kuitenkin on tärkeää, että jo nyt aloitellaan alan liiketoimintaa vaikka se tapahtuisikin vain pienessä mittakaavassa, sillä markkinoiden avautuessa se on liian myöhäistä. Kotimarkkinat riittävät harjoitteluun, mutta varsinainen liiketoiminta on löydettävä viennistä. Vielä toistaiseksi uudet teknologiat ovat selvästi kalliimpia kuin perinteinen perusvoiman tuotanto. Amerikkalaisten tutkimusten mukaan kehittyneimmät tuulivoimalat pystyvät vuoden 2000 tienoilla tuottamaan sähköä lähes nykyisen perusvoiman hinnalla,

²³⁹ *ibid*, 54

²⁴⁰ Ukkola 1994, 60-61

lisäksi auringosta saadaan lämpöenergiaa talteen suurinpiirtein samalla hinnalla. Sen sijaa sähkön tuottaminen aurinkoenergialla pysyy pitkään kalliimpana kuin perusvoimalla tuotettu sähkö. Polttokennojen ja vetyenergian käyttö eivät tule olemaan ajankohtaisia kuin pitkällä tulevaisuudessa. Edes erikoissovellutuksia ei nähdä tämän vuosikymmenen aikana.²⁴¹

Kuva 6.3: Uuden energiateknologian potentiaali Suomessa (Mtoe/a)



Lähde: Hannus 1992, 107

Nemon esimerkkiskenaarion mukaan vuonna 2025 uusilla tekniikoilla voitaisiin tuottaa noin kymmenen prosenttia Suomessa käytetystä sähköstä ja vajaat 15 prosenttia kaukolämmöstä. Perusolettamuksena laskelmissa on, että energiankulutus kasvaa tasaisesti, energian verotus pysyy ennallaan ja muutkin muuttujat kehittyvät suhteellisen vakaasti. Uusilla energiamuodoilla korvattaisiin lähinnä hiilivoimaloita. Verottamalla hiilidioksidipäästöjä reilummin tuulivoima saataisiin kannattavaksi jo nyt ja aurinkosähkökin alkaisi yleistyä nopeasti vuodesta 2006 lähtien. Vero tuottaisi enemmän kuin tuuli- ja aurinkosähkö aiheuttaisivat lisäkustannuksia, ja päästöt vähenisivät peräti 60-70 prosenttia.²⁴²

Suomalaiset yritykset ovat jo aloittaneet uusien energiatekniikoiden viennin, mm. toimittamalla tuulivoimaloihin voimansiirtolaitteita, generaattoreita ja siipien lapamateriaaleja. Neste on toimittanut myös kokonaisia tuulijärjestelmiä ja sen NAPS-hanke valmistaa aurinkoenergiateknologiaa. Kaupallisista aurinkosähköjärjestelmistä suomalaiset toimittavat

²⁴¹ *ibid*, 60-62

²⁴² *ibid*, 62

noin kolme prosenttia. Nemon mielestä tulevaisuudessa suomalaisten tulisi keskittää voimavaransa energiamarkkinoiden kapeisiin markkinarakoihin. Tuuli- ja aurinkosähkön maailmanmarkkinat ovat tällä vuosikymmenellä arviolta 50 miljardia markkaa, josta suomalaiset voisivat jo nykyisellä osaamisellaan vallata viisi prosenttia. Yhdistettynä kotimaiseen kysyntään uusien energiatekniikoiden markkinat voisivat nousta lähelle neljää miljardia markkaa.²⁴³

Taulukko 6.2: Suomen vahvuudet, mahdollisuudet, heikkoudet ja uhat ympäristömyötäisen energiateknologian viennissä.

SWOT-ANALYYSI	
VAHVUUDET <ul style="list-style-type: none"> – Suomi teknologisesti, taloudellisesti maailman huippua – Suomi ympäristömielessä edistyksellinen – Energiateknologian vienti kehittynyt suotuisasti 	MAHDOLLISUUDET <ul style="list-style-type: none"> – Eko-energiamarkkinat kasvamassa – Energian/sähkön kulutus kasvaa = kasvavat markkinat – Lähialueilla kasvavat markkinat
HEIKKOUDET <ul style="list-style-type: none"> – Pienet kotimarkkinat – Riittämätön riskirahoitus ja riskinotto-kyky – Markkinointi – Särö imagossa: energiankulutus/BKT korkea 	UHAT <ul style="list-style-type: none"> – Resurssit eivät sittenkään riitä – Uuden teknologian kehittämisrahoitus riittämätön – Ekomarkkinat jäävät sittenkin pieniksi

Lähde: Energiateollisuus ja ekovienti 1995, 56

Suomen rooli on aina ollut maailmalta tuleviin muutoksiin sopeutuminen. Toisaalta kansainvälisiin sopimuksiin on mahdollista vaikuttaa aktiivisella omalla panoksella. Nopea uuden tiedon omaksuja, joka osaa arvioida omat kykynsä ja eri tilannetekijät oikein sekä oivaltaa muutoksissa piilevät mahdollisuudet, pärjää hyvin.²⁴⁴ Kotimaisen energiateknologian kehityksen suunta on ainakin toistaiseksi pitkälti kiinni oman maan energiahuollossa tapahtuvasta kehityksestä, sillä kotimaisilla koelaitoksilla on merkittävä rooli energiateknologian kehitysprosessissa ja kaupallistamisessa. Valmiiksi käytännössä testattuja teknisiä ratkaisuja on helpompi saada kaupaksi ja kehittää edelleen. Julkisen energiahuollon ohella energiaintensiivinen teollisuus on ollut keskeinen uusien teknologioiden testauskohde. Tällä laajalla energia-alan toimijoiden välisellä yhteistyöllä on tulevaisuudessa entistäkin suurempi merkitys kun maailmanmarkkinat avautuvat kilpailulle myös energiateknologian alalla.

²⁴³ ibid

²⁴⁴ Kestävän kehityksen... 1994, 7

7 YHTEENVETO

Tarkasteltavana ajanjaksona Suomeen on vaikeissa olosuhteissa rakennettu toimiva ja koko maan kattava energiahuoltojärjestelmä. Sen ohella on kehitetty kotimaista energiateknologian osaamista, joka yksittäisissä tapauksissa ylittää nykyisin aina maailman kärkitasolle saakka. Toimivan energiahuollon saavuttamiseksi on tarvittu vuosikymmenien aikana paljon yritystasolla ja tutkimuslaitoksissa tapahtunutta tutkimus- ja kehitystyötä sekä Suomen olosuhteisiin sopeutettujen innovatiivisten ratkaisujen keksimistä. Energiateknologia-ala on käynyt läpi rakennemuutoksen kotimarkkinateollisuudesta nousevaksi ventialaksi ja nykyisin se on yksi nopeimmin kasvavista ventialoistamme. Pelkästään 1990-luvulla viennin arvo on yli kaksinkertaistunut. Osa tuotannosta on samalla siirretty ulkomaille. Kansainvälisen teknologian siirtoteorian näkökulmasta asemamme on muuttunut teknologian vastaanottajasta sen luovuttajaksi.

Suomen energiateknologisen muutoksen taustalla oleva energiateknologian siirron malli on yllättävä, kun vertaa sitä mm. OECD:n luokittelemiin tehokkaisiin teknologian siirron väyliin ja malleihin. Teknologian siirtoon on käytetty Suomessa pitkään yleisiä teknologian siirron väyliä, jotka luokitellaan yleisesti tehottomammiksi kuin kontrolloidut väylät. Pitkällä aikavälillä tarkasteltuna suomalaisten valitsema teknologian siirron malli näyttää kuitenkin erittäin onnistuneelta. Oma-aloitteisella toiminnalla on maassamme päästy hyviin tuloksiin. Kontrolloituja väyliä on käytetty lähinnä parin viime vuosikymmenen aikana, kun teknologisen kehityksen perusta oli jo luotu. Suomen esimerkki osoittaa, että vastaanottamaan teknologisessa kehityksessä ei ole yhtä oikeaa ratkaisua, vaikka lyhyellä tähtäyksellä tehokkaimpia teknologian siirron väyliä näyttävätkin olevan kontrolloidut siirtoväylä.

Teknologian siirto ja sen kehitystyö on yleisesti ottaen ensisijaisesti yritysten harteilla. Samalla se on kuitenkin yhä enemmän myös poliittisten päättäjien huomion kohteena. Energiateknologian osalta valtio on Suomessa toiminut pitkälti taustavaikuttajan roolissa. Energia- ja teknologiapolitiikan keinoin on lähinnä tuettu markkinavoimien viitoittamaa tietä. Energiateknologian tutkimus- ja kehitystoimintaan yhdessä yksityisen sektorin kanssa panostamalla on saatu aikaan hyviä tuloksia. Valtion energiayhtiöt ovat kehittäneet maamme energiateknologista osaamista merkittävässä määrin ensinnäkin, suoraan omalla T&K -panoksellaan ja toiseksi, välillisesti käyttäessään laitetoimittajina kotimaisia alihankkijoita. Valtiolla on alan yksityisen sektorin toiminnalle tärkeä merkitys ennen kaikkea suotuisten olosuhteiden luojana ja taustavaikuttajana. Maahamme vuosien varrella kehitetyn kansallisen innovaatiojärjestelmän voidaan sanoa sijoittuvan dynaamisen ja lyhyen tähtäyksen järjestelmän välimaastoon. Keskustelua valtion toimenpiteiden laadusta käydään

kuitenkin jatkuvasti.

Maailman energiankulutus on ennusteiden mukaan yhä kasvussa. Teollisuusmaissa kulutus on tietoyhteiskunnan teknologisten ratkaisujen myötä hidastumassa mutta kehitysmaiden talouskasvu vaatii kasvavassa määrin lisää energiaa. Ratkaisevassa asemassa ovat nopean talouskasvun saavuttaneet kehitysmaat, erityisesti Kiina. Ympäristön säilymisen kannalta uusien energiateknologioiden tarve on ilmeinen, sillä valtaosa nykyisin käytössä olevista teknologioista kuormittaa liiaksi ympäristöä. Uuden ympäristöystävällisemmän ja tehokkaamman energiateknologian kehittämiseen onkin maailmalla panostettu jo vuosia. T&K-toimintaan on investoitu eniten rikkaissa teollisuusmaissa, joilta löytyy resurssit pitkällä aikavälillä, pienin askelin tapahtuvaan uuden energiateknologian kehittämistyöhön. Kansainvälinen teknologian siirto on väline, jolla tekniset edistysaskeleet on mahdollista saada myös nopean talouskasvun kehitysmaihiin. Suomalaisen energiateknologian tulevaisuus näyttää tällä hetkellä hyvältä eikä viennin kasvulle näy ylitsepääsemättömiä esteitä. Kansainvälisessä kilpailussa Suomelle on tärkeää löytää omat erikoisosaamisen alueet, joilla sen ei tarvitse kilpailla massatuotemarkkinoilla suurien kansainvälisten energia-alan yritysten kanssa.

LÄHDELUETTELO

KIRJALLISET LÄHTEET

ALUEELLISEN TEKNOLOGIAPOLITIIKAN TYÖRYHMÄN LOPPURAPORTTI

Sisäasiainministeriö, aluepoliittinen osasto. Aluepoliittisia tutkimuksia ja selvityksiä 7/1990. Helsinki 1990.

AUER, JAAKKO & TEERIMÄKI, NIILO

Puoli vuosisataa Imatran Voimaa. Helsinki 1982.

ENERGIAKOMITEAN MIETINTÖ

Valtioneuvoston kanslia. Helsinki 1989.

ENERGIASANASTO

Tekniikan sanastokeskus, TSK 16. Helsinki 1989.

ENERGIATEOLLISUUS JA EKOVIENNI

Kauppa- ja teollisuusministeriön työryhmä- ja toimikuntaraportteja 8/1995.

ENERGIATUTKIMUS 1993 - 1998

Kauppa- ja teollisuusministeriö, energiaosasto. Mietintöjä C:29. Helsinki 1992.

ERIKSSON, JARL-THURE

Yleinen sähkötekniikka ja sähkökoneet julkaisussa Suomen energiatekniikan historia, osa 2. Toim. Risto Keskinen. Tampereen teknillisen korkeakoulun julkaisu- ja 115. Tampere 1993, 57-99.

HAARTTI, ARVO

Höyrykattilat julkaisussa Suomen energiatekniikan historia, osa 1. Toim. Risto Keskinen. Tampereen teknillisen korkeakoulun julkaisuja 115. Tampere 1993, 211-257.

HALKOMETSISTÄ SAHOILLE JA SOILLE - VAPO OY 1940-1990

Jyväskylä 1990.

HANNUS SEPPO

Uudet energiantuotantoteknologiat - Yhteenvedo. Kauppa- ja teollisuusministeriö, energiaosasto. Katsauksia B:104. Helsinki 1992.

HULDÉN, BJARNE

Teollisuuden vastapainevoima julkaisussa Suomen energiatekniikan historia, osa 1. Toim. Risto Keskinen. Tampereen teknillisen korkeakoulun julkaisuja 115. Tampere 1993, 357-371.

HYVÄRINEN, LIISA

Teknologian siirto. Lappeenrannan teknillinen korkeakoulu. Opetusmoniste 4. Lappeenranta 1988.

JAHKOLA, ANTERO

Energian tarpeen kehitys ja siitä laaditut ennusteet julkaisussa Suomen energiatekniikan historia, osa 1. Toim. Risto Keskinen. Tampereen teknillisen korkeakoulun julkaisuja 115. Tampere 1993, 63-71.

KANSALLINEN TEOLLISUUSSTRATEGIA

Kauppa- ja teollisuusministeriön julkaisuja 1/1993. Tampere 1993.

KARJALAINEN, KARI

Politiikka, talous ja energiatalouden poliittinen ohjaus Suomessa. Imatran Voima Oy:n tutkimusraportteja A 13/1989. Helsinki 1989.

KESKINEN, RISTO

Vesivoima julkaisussa Suomen energiatekniikan historia, osa 1. Toim. Risto Keskinen. Tampereen teknillisen korkeakoulun julkaisuja 115. Tampere 1993, 71-189.

KESTÄVÄN KEHITYKSEN EDELLYTYKSET SUOMESSA - IVON 60-VUOTISJULKAISU

Toim. Ilmari Kurki-Suonio & Matti Heikkilä. Rauma 1994.

KLEIMOLA, MATTI

Muut termiset voimakoneet julkaisussa Suomen energiatekniikan historia, osa 1. Toim. Risto Keskinen. Tampereen teknillisen korkeakoulun julkaisuja 115. Tampere 1993, 323-357.

LAKERVI, ERKKI & SIMOLA, OSMO

Sähkönjakelu julkaisussa Suomen energiatekniikan historia, osa 2. Toim. Risto Keskinen. Tampereen teknillisen korkeakoulun julkaisuja 115. Tampere 1993, 109-123.

LEMOLA, TARMO & LOVIO, RAIMO

Näkökulmia teollisuuden innovaatiotoimintaan ja teknologiapolitiikkaan Suomessa 1980-luvulla. Valtioneuvoston kanslian julkaisuja 1984:2.

LINDQVIST, SVANTE

Social and Cultural Factors in Technology Transfer. Julkaisussa Technology Transfer in Scandinavian Industrialisation. Toim. Kristine Bruland. Worcester 1991, 15-36.

MOSGAARD, CHRISTIAN

Pohjolan energia. Pohjoismaiden ministerineuvosto julkaisuja. Suomi 1987.

MYLLYNTAUS, TIMO

The Gatecrashing Apprentice - Industrialising Finland as an Adopter of New Technology. Helsingin yliopiston talous- ja sosiaalhistorian laitoksen tiedonantoja 24/1990. Helsinki 1990.

MYLLYNTAUS, TIMO

Electrifying Finland, The Transfer of a New Technology into a Late Industrialising Economy. Lontoo 1991.

MYLLYNTAUS, TIMO

Mastering Technology Diffusion - The Finnish Experience. Toim. Synnöve Vuori & Pekka Ylä-Anttila. ETLA B 82. Helsinki 1992.

MÄKELÄ, LAURI & SIMOLA, OSMO

Sähkönvoiman siirto julkaisussa Suomen energiatekniikan historia, osa 2. Toim. Risto Keskinen. Tampereen teknillisen korkeakoulun julkaisuja 115. Tampere 1993, 99-109.

NESTE ÖLJYSTÄ MUOVEIHIN

Kolmas painos. Espoo 1992.

NEVANLINNA, LASSE

Energianhuolto vuodesta 1930 alkaen ja suurenergiatekniikan läpimurto julkaisussa Suomen energiatekniikan historia, osa 1. Toim. Risto Keskinen. Tampereen teknilli-

sen korkeakoulun julkaisuja 115. Tampere 1993, 47-63.

NIRONEN, ERKKI

Muutamia alustavia näkökohtia kansainvälisen teknologian siirron käsite- ja mitausongelmista. Lappeenrannan teknillinen korkeakoulu. Selvitys 9. Lappeenranta 1992.

RANTA, OSMO

Ydinvoima julkaisussa Suomen energiatekniikan historia, osa 1. Toim. Risto Keskinen. Tampereen teknillisen korkeakoulun julkaisuja 115. Tampere 1993, 407-425.

ROUVINEN, PETRI

Energian niukkuudesta teknologian vientiin - Energiaklusterin kilpailukyky. ETLA B 93. Helsinki 1994.

SAHLBERG, PER-HOLGER & KESKINEN, RISTO

Höyryvoimakoneet julkaisussa Suomen energiatekniikan historia, osa 1. Toim. Risto Keskinen. Tampereen teknillisen korkeakoulun julkaisuja 115. Tampere 1993, 257-323.

SARALEHTO, SAMPSA J.

Teknologian kansainvälinen siirto kehitysmaiden teollistumisprosessiin. ETLA A 9. Helsinki 1986.

STEWART, CHARLES T. & NIHEI, YASUMITSU

Technology Transfer and Human Factors. USA 1987.

SUOMEN ENERGIASTRATEGIA - ENERGIAPOLITIIKAN NEUVOSTON EHDOTUS

Komiteamietintö 1991:29. Helsinki 1991.

SUOMENKIELEN PERUSSANAKIRJA

Kotimaisten kielten tutkimuskeskuksen julkaisuja 55, osa 3. Helsinki 1994.

TEKNOLOGIAKOMITEAN MIETINNÖN LIITE 7, TEKNOLOGIAKOMITEAN TOIMENPIDEJAOSTON LOPPURAPORTTI

Teknologian siirron tehostaminen Suomen kansantalouden kilpailukykyyn vahvistamiseksi. Komiteamietintö 1980:55. Helsinki 1981.

TEKNOLOGIAOHJELMATOIMINNAN LINJAT 1990-LUVULLA

Komiteamietintö 1990:2. Helsinki 1990.

TIEDON JA OSAAMISEN SUOMI - KEHITTÄMISSTRATEGIA

Valtion tiede- ja teknologianeuvosto. Helsinki 1993.

LEHTIARTIKKELIT JA TIEDOTTEET

BIOENERGIA - BIOENERGIAN TUTKIMUSOHJELMA

Kauppa- ja teollisuusministeriön esitteitä. Helsinki 1993.

CARR, EDWARD

The Economist Newspaper. Lontoo 1994. (Suomen Kuvalehti 40/1994, 38-44).

ENERGIATUTKIMUS - PERUSTUTKIMUKSESTA KÄYTTÖÖN

Kauppa- ja teollisuusministeriö, energiaosasto. Helsinki 1992.

ENERGY TECHNOLOGY FROM FINLAND

The Ministry of Trade and Industry, Energy Department. Helsinki 1994.

HELSINGIN SANOMAT

Sähköyhtiöille velvollisuus välittää kilpailevaa sähköä - Ministeriö selvittää myös sähköpörssin perustamista. 26.8.1994.

HELSINGIN SANOMAT

Energiatekniikan rahoitus Tekesiin. 7.6.1994.

HUOPALAHTI, KARI

Energiastrategiasta 3. menestystekijä vientiin puun ja metallin rinnalle - IVO vientiverkoston rakentajana. Kirjoittajan esitelmä Etlatiedon järjestämässä seminaarissa Energian niukkuudesta teknologian vientiin - Energiaklusterin kilpailukyky, 28.4.1994.

IVO VK = IMATRAN VOIMA OY:N VUOSIKERTOMUS.

KEHITTYVÄ ENERGIA

IVO:n tutkimus- ja kehitystoiminnan vuosijulkaisu. Helsinki 1994.

KESKINEN, RISTO

Transfer of Water Turbine Technology to and from Finland. Kirjoittajan esitelmä seminaarissa Nordisk symposium i teknologihistorie, 14-16.7.1988.

LEISIO, CHRISTIAN

IVO:n tutkimusseminaari: EY:n energiapolitiikka sopii myös Suomelle. IVO International 2/1992, 15 -17.

LLY VK = LÄMPÖLAITOSYHDISTYS RY:N VUOSIKERTOMUS.

LUONNON VOIMAA - VAPO OY YRITYS JA YMPÄRISTÖ

LOVIISAN VOIMALAITOS

IVO:n esitteitä. Helsinki 1990.

NENONEN, HEIKKI

Wärtsilä Dieselin voimasanana energiakeskusteluun: Hajauttakaa. Kauppalehti Optio 11.02.1993, 48.

OHTONEN, VIRVA

Suomen suurin maakaasuvoimalaitos vihittiin käyttöön Vuosaarella. IVO International 4/1992, 22 - 23.

PAANANEN, ERKKI

Puuhakkeesta polttoainetta voimalan kaasuturbiiniin - Enviropower etsii rahoitusta laitoksen rakentamiseen. Helsingin Sanomat 13.4.1993.

PERTTU, JUKKA

Tuuli ja aurinko tarjoavat pian halpaa energiaa. Helsingin Sanomat 19.2.1994, D1.

PIISPA, ARJA

Pysähtyykö kasvu energiapulaan. Suomen kuvalehti 40/1994, 51-54.

SAVOLAINEN, JAANA

IVO kasvoi ulkomailla. Helsingin Sanomat 13.4.1994.

SLY VK = SUOMEN SÄHKÖLAITOS YHDISTYS RY:N VUOSIKERTOMUS.

SMITH, MICHAEL

Trembling monoliths. Financial Times 22.6.1993, 13 - 14.

STAM, ERKKI & KUUVVA, PETTERI

The Electricity Supply Industry in Finland. Imatran Voima Oy:n julkaisu, Suomi 1992.

SUOMEN KUVALEHTI

Vihreä vai musta tulevaisuus. 40/1994, 37.

UKKOLA, JUKKA

Euroopan öljy ehtymässä. Suomen Kuvalehti 40/1994, 46-47.

UKKOLA, JUKKA

On maamme kylmä, siksi. Suomen Kuvalehti 40/1994, 56-58.

UKKOLA, JUKKA

Uuden voiman metsästäjät. Suomen Kuvalehti 40/1994, 60-62.

UUSI ENERGIA TEKNIikka

Uutta energiaa uusista lähteistä. Suomen Sähkölaitosyhdistys, Suomen Voimalaitosyhdistys, kauppa- ja teollisuusministeriö ja Energia-Ekono. Rauma 1992.

VOIMAA MENESTYÄ

IVO International Oy:n yleisesite. Espoo 1993.

HAASTATTELUT

AALTO, ERKKI ydinlaitostekniikan asiantuntija, Imatran Voima Oy.
Vantaa, 17.5.1994

LAIHO, YRJÖ T&K -yksikön osastonjohtaja, Imatran Voima Oy.
Vantaa, 01.04.1993.